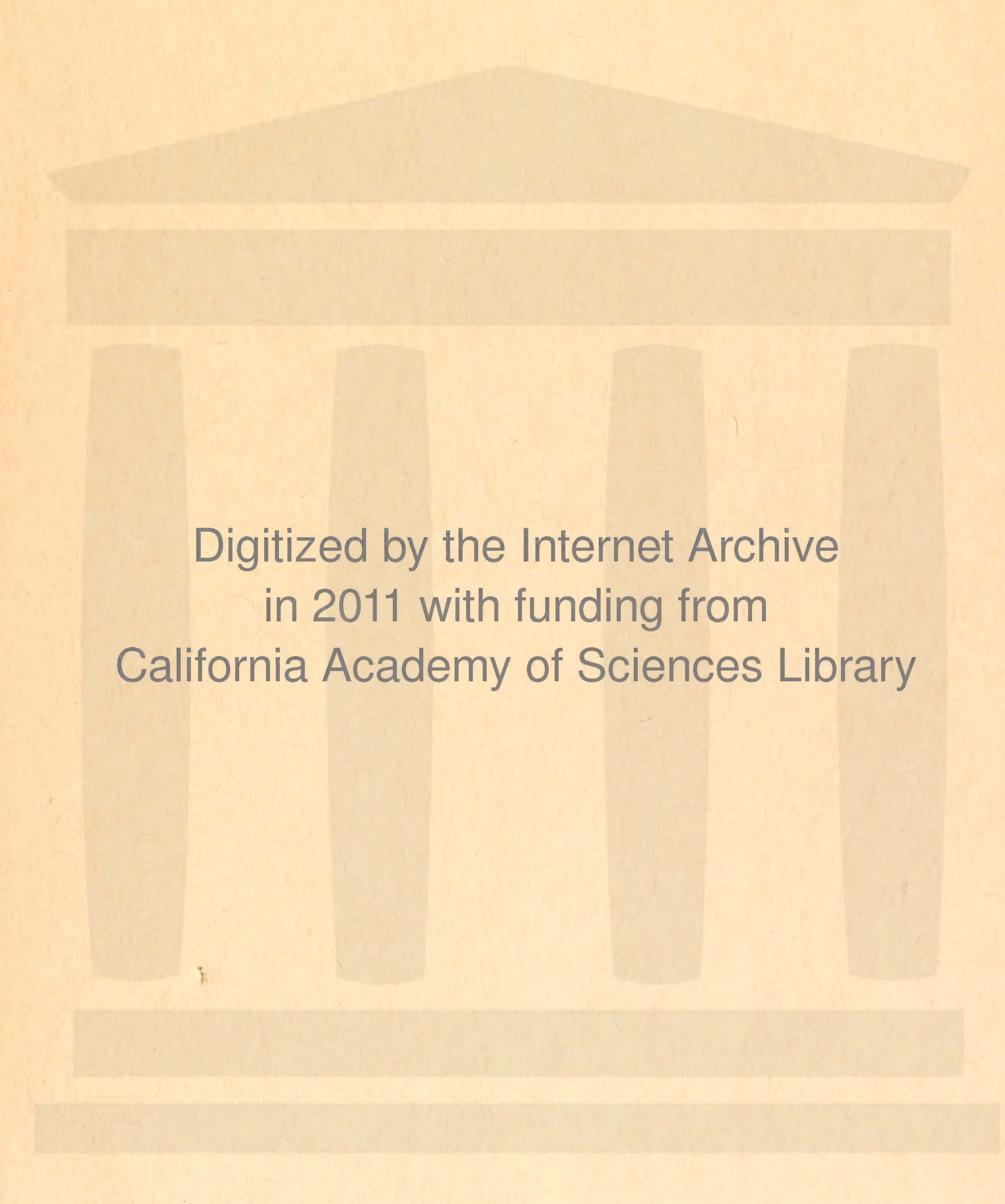


MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39
(1917-1923)

GENÈVE
GEORG & C[ie]
BALE et LYON même maison

PARIS
G. FISCHBACHER
33. rue de Seine

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39
(1917-1923)

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine

1917-1923

GENÈVE — IMPRIMERIE ALBERT KUNDIG

TABLE DES MATIÈRES

du Volume 39 (1917-1923)

FASCICULE 8 (1923)



TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE
DE GENÈVE

Volume 39

Fascicule 1.

Rapport présidentiel pour l'année 1916
par A. BACH

Le genre nemertesia
par M. BEDOT

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

Prix : Fr. 5.

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 1. VOLUME 39

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 1.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1916

PAR

A. BACH

Monsieur le Président,
Messieurs et chers Collègues,

Ayant à vous rendre compte de la marche de notre Société pendant l'année écoulée, je commence par vous rappeler les grandes pertes que nous avons éprouvées par les décès de MM. Prosper de Wilde, Auguste Wartmann et Théodore Turrettini, membres ordinaires, et William Ramsay, membre honoraire de la Société. La vie et l'œuvre de nos regrettés collègues seront retracées dans les notices biographiques dont il vous sera donné lecture tout à l'heure.

Malgré la crise effroyable déchainée par la guerre mondiale et qui, par contrecoup, atteint aussi la Suisse n'aspirant qu'à vivre dans la paix et la civilisation, l'activité de notre Société marque un progrès appréciable non seulement sur l'année 1915, mais encore sur l'année d'avant la guerre. Une petite statistique vous

fera saisir la situation. Pour mesure de l'activité de la Société nous avons pris, d'une part, la fréquentation des séances par les membres ordinaires, d'autre part, le nombre des communications scientifiques faites à la Société pendant l'année. Voici les chiffres :

	Fréquentation des séances.	Nombre des communications.
Année 1913	182	24
1914	176	27
1915	192	26
1916	234	34

C'est-à-dire, comparativement à l'année 1913, l'année écoulée présente une augmentation de 29 % sur la fréquentation et de 26 % sur le nombre des communications. Il se peut que cette recrudescence d'activité de notre Société soit le résultat indirect de la crise : dans le désarroi causé par les événements tragiques, les regards se tournent involontairement vers les valeurs qui ne trompent pas, et la science en est une des plus sûres.

A l'assemblée générale du 20 janvier, vous avez appelé à la vice-présidence M. le Dr Arnold Pictet et vous avez nommé M. Etienne Joukowski secrétaire de la Société, MM. Jean Carl et Roger Delessert, membres du Comité des Publications. A la même séance vous avez décidé d'ouvrir un concours pour le prix quinquennal Augustin-Pyramus de Candolle, prix qui n'a pas été décerné depuis 1910. Pour l'examen des travaux des candidats vous avez nommé une commission composée de MM. Casimir de Candolle, Chodat et Briquet. A la séance du 2 novembre M. Casimir de Candolle a présenté au nom de la Commission un rapport tendant à attribuer le prix à M. Gustave Beauverd, conservateur de l'Herbier Boissier, pour sa monographie sur le genre *Melampyrum*. Adoptant les conclusions de votre commission, vous avez décerné le prix de Candolle à M. Beauverd. Sauf erreur, c'est la première fois depuis sa fondation que ce prix a été attribué à un botaniste genevois.

Au cours de l'année, nous avons reçu M. Henri Lagotala membre ordinaire de la Société, et votre Comité a admis comme associés libres, MM. William Turrettini, chimiste, et Hahn, professeur à Nancy. D'autre part, c'est avec un vif regret que j'ai à enregistrer les démissions de M. le professeur Louis Bard, membre ordinaire, et de M. Alexis Lombard, associé libre, démissions offertes pour des raisons de convenances personnelles. L'effectif de notre Société comprend donc, au 1er janvier 1917, 63 membres ordinaires, 12 membres émérites, 35 membres honoraires et 25 associés libres.

Nous avons tenu pendant l'année écoulée 14 séances, dont 2 ont été consacrées, conformément au programme tracé par votre Comité en 1915, à des conférences d'ordre général. MM. les professeurs Robert Chodat et Charles-Eugène Guye ont bien voulu entrer dans les vues du Comité et accepter de nous faire des conférences, le premier, sur les idées modernes de génétique, le second, sur la méthode statistique dans les sciences physiques et chimiques. Comme il était à prévoir, les conférences ont eu un très vif succès. Je saisis ici l'occasion de remercier encore une fois les savants conférenciers de nous avoir exposé des idées générales qui intéressent tout homme de science quelle que soit sa spécialité. Il est à espérer que la pratique des conférences générales entrera dans les habitudes de la Société.

Aux 12 autres séances, 32 communications ont été faites, qui représentent une somme très considérable de travail expérimental. Grâce au dévouement de notre honorable secrétaire, les comptes rendus de nos séances ont paru régulièrement dans les journaux quotidiens, ce qui a tiré notre Société de l'effacement volontaire dans lequel elle s'était complue antérieurement.

Un de nos collègues qui a rendu des services signalés à notre Société, M. Frey-Gessner, a fêté, le 19 mars dernier, son 90[me] anniversaire. Votre Comité s'est associé à cette fête tout intime par la remise d'une adresse de félicitations et de sympathie à notre vénérable collègue.

L'Université de Berne nous a convié dernièrement au jubilé de M. le professeur Studer, notre membre honoraire, qui a accompli sa 40[me] année de professorat. L'invitation nous étant parvenue quelques jours avant la fête et entre deux séances, votre Comité a pris sur lui de déléguer au jubilé notre collègue, M. le professeur Bedot, et l'a chargé de présenter au jubilaire, au nom de la Société, une adresse dans laquelle nous lui exprimions toute notre estime pour son œuvre scientifique et pour sa personne.

A l'assemblée de la Société Helvétique, à Schuls, notre Société était représentée par nos collègues, MM. Frédéric Reverdin et Jean Carl.

Votre Comité des Publications a tenu 4 séances pendant l'année écoulée. Il a fait paraître les fascicules 4 et 5 du volume 38 des Mémoires et le volume 32 des comptes rendus. Il a acccordé l'échange à l'University of Illinois, à Urbana, Etats-Unis. L'honorable secrétaire du Comité des Publications vous présentera un rapport plus détaillé.

Dans la séance de ce soir vous aurez à nommer le vice-président pour l'année 1917 et deux membres du Comité des Publications en remplacement de MM. Amé Pictet et Auguste Bonna sortant de charge. Le Comité vous propose pour la vice-présidence M. Emile Yung et pour les Publications MM. Pidoux et Bach.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

PROSPER DE WILDE

(1835-1916)

Le 10 avril 1916 mourait à Genève, après une longue vie de travail et d'honneur, Prosper de Wilde, professeur émérite de l'Ecole Militaire de Belgique, professeur honoraire de l'Université de Bruxelles.

M. de Wilde était un de ces très rares hommes de science qui ont rapidement fait leur carrière scientifique sans avoir suivi la filière toujours longue, souvent pénible. Né le 17 juillet 1835 à Mortzeele (Flandres orientales), il était destiné par ses parents à la carrière de notaire. Les projets de sa famille reçurent même un commencement d'exécution, car le futur professeur de chimie débuta dans la vie comme clerc de notaire. Doué d'un esprit clair et avide de savoir, se sentant attiré vers les sciences, de Wilde ne tarda pas à abandonner le notariat, pour lequel il ne se découvrait aucune vocation, et chercha à se frayer un chemin par ses propres moyens. Il se rendit à Bruxelles où il réussit à obtenir la place d'aide à l'Ecole Vétérinaire de l'Etat. Sa vive intelligence et sa passion pour la chimie attirèrent sur lui l'attention de Stas et de Melsens qui le secondèrent de leur mieux dans ses efforts. Ses progrès furent tellement rapides qu'en 1859, âgé à peine de 24 ans, il était déjà répétiteur de chimie et de physique à la même Ecole. Dans ces fonctions qu'il remplit jusqu'en 1861, il montra de remarquables aptitudes à l'enseignement des sciences, et lorsqu'il fallut nommer, la même année, un professeur de chimie et de physique à l'Institut Agricole de l'Etat, à Gembloux, ce fut de Wilde qui obtint la chaire. Ainsi il eut le bonheur de voir, à l'âge de 26 ans, grande ouverte devant lui, la carrière à laquelle il aspirait. Il pouvait d'autant plus être fier de son succès qu'il le devait à son talent, à sa persévérance et à sa puissance de travail peu ordinaire.

Tout en donnant ses cours, le jeune professeur ne cessa pas de s'instruire et

surtout de se perfectionner dans sa branche préférée, la chimie. Profitant d'un congé un peu prolongé, il alla travailler pendant huit mois au laboratoire de Wurtz, à Paris.

En 1868, Prosper de Wilde fut nommé professeur de chimie générale à l'Ecole Militaire de Belgique comme successeur de Stas et sur la recommandation de celui-ci. Peu de temps après il était appelé à la chaire de chimie générale à l'Université libre de Bruxelles et à l'Ecole Polytechnique, chaire qu'il occupa jusqu'en 1904, date de sa retraite.

De caractère sociable, causeur intéressant et agréable, de Wilde fréquentait volontiers les congrès et réunions scientifiques et sut gagner par ses qualités l'estime et la sympathie de tous ceux qui l'approchaient. Il venait très souvent aux réunions de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, qui le nomma, en 1902, membre honoraire. Homme simple et cordial, il appréciait infiniment la cordiale simplicité qui caractérise les réunions de cette Société et en constitue le charme particulier.

Ayant pris sa retraite en 1904, de Wilde vint se fixer dans la ville de Genève qu'il apprit à connaitre et à aimer lors de ses précédents séjours en Suisse. Il se fit recevoir membre de notre Société et de la Société de Chimie de Genève dont il fréquenta régulièrement les séances. Il y fit aussi des communications scientifiques.

Les dernières années de sa belle et verte vieillesse furent assombries par le malheur aussi cruel qu'immérité qui frappa sa patrie. Mais pas un instant il ne douta du triomphe du droit et de la justice, base et idéal de la vie politique et sociale. Pour ses malheureux compatriotes, chassés de leurs foyers par la violence criminelle de l'envahisseur, de Wilde fut d'une bonté et d'une douceur incomparables. Nombreux sont ceux qu'il réconforta et qui lui doivent d'avoir échappé à la misère morale et matérielle.

Passant en revue l'œuvre scientifique de Prosper de Wilde, nous avons à constater que l'enseignement supérieur des sciences était sa véritable vocation à laquelle il donna la meilleure partie de son activité. Ses recherches scientifiques furent relativement peu nombreuses. La liste de ses publications comprend 24 travaux d'ordre expérimental, dont 4 publiés aux *Archives des Sciences Physiques et Naturelles* pendant les dernières années de sa vie. De Wilde s'intéressa surtout à la chimie industrielle et fit breveter plusieurs procédés.

A côté de son professorat et de ses recherches scientifiques, de Wilde s'occupa de questions d'hygiène publique et d'économie politique. Les lecteurs des journaux de Genève se rappellent sans doute ses articles dans lesquels il combattait avec beaucoup de verve les idées socialistes qu'il qualifiait d'utopie dangereuse.

Une belle intelligence et un noble caractère disparaissent avec Prosper de Wilde.

AUGUSTE-HENRI WARTMANN

(1854-1916)

Auguste-Henri Wartmann appartenait à une lignée d'hommes de science. Son grand-père, Louis-François Wartmann (1793-1862), était astronome; son père, Elie-François Wartmann (1817-1886), était physicien, professeur à l'Université de Genève.

Né en 1854, notre regretté collègue fit ses premières études à Genève et alla ensuite à l'Université de Bâle étudier la médecine. Sa thèse de doctorat en médecine a pour titre : *Recherches sur l'enchondrome, son histologie, sa genèse*, Genève et Bâle, H. Georg, libraire-éditeur, 1880. Ses études terminées, il se rendit à Strasbourg où il travailla sous la direction de plusieurs professeurs éminents dont il garda toujours les meilleurs souvenirs.

De retour à son pays, il s'établit à Genève et, tout en donnant des soins à sa clientèle, il se mit à collaborer à des œuvres humanitaires et d'utilité sociale. Il y déploya une activité inlassable qui dura jusqu'à sa mort. Pendant quelques années il occupa les fonctions de médecin des Bains de Lavey. Il profita de son séjour dans cet établissement pour faire quelques observations sur la radioactivité des eaux de Lavey. Dans l'armée, le docteur Wartmann arriva au grade de colonel (1903) et fut médecin en chef de la I[re] division de 1899 à 1909. Il aimait la vie militaire et il comptait de nombreux amis dans l'armée. Lors de la mobilisation générale, au mois d'août 1914, le colonel Wartmann fut chargé de l'organisation et de l'installation des étapes à Bümplitz et s'acquitta de cette tâche avec son talent habituel. Peu de temps après il fut désigné pour une importante mission militaire, mais la maladie cruelle mit fin à sa carrière.

Auguste Wartmann était une nature d'artiste richement douée et qui recherchait le beau dans divers domaines de l'activité humaine sans se cantonner d'une façon exclusive dans aucun. Il s'intéressait vivement aux sciences, mais il ne se livra pas à des recherches scientifiques personnelles. Il s'occupa avec ardeur de l'œuvre de la Croix-Rouge et manifesta au sein du Comité une grande activité. Bon violoniste, élève du violoniste Henry, aimant passionnément la musique, il prit une part active aux manifestations de la vie musicale à Genève. Comme membre du

Comité du Conservatoire depuis 1890, il suivait avec sollicitude les progrès de cette institution et donnait des conseils toujours écoutés parce qu'ils étaient le fruit d'une longue expérience. Il succéda au docteur Barde à la présidence du Comité des Concerts d'abonnement. Quelques jours avant sa mort, il y présidait une séance.

Bon médecin, bon musicien, Auguste Wartmann était aussi savant héraldiste. A Genève, il était considéré comme une autorité en matière de blason. Il professa même un cours d'héraldique à l'Ecole des Arts Industriels, au grand profit des élèves auxquels il montrait combien dans l'héraldique l'art décoratif était intimement lié à l'histoire.

Le docteur Wartmann fut un membre dévoué de notre Société. De 1891 à 1903 il remplit les fonctions de trésorier et fut appelé à la présidence en 1904. A l'occasion du centenaire de notre Société il écrivit en 1890 une note historique intitulée: « Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève ». La note est très bien faite et montre que notre collègue savait manier la plume avec élégance. Ce fut aussi lui que le Comité Central de la Société Helvétique chargea de rédiger l'historique de la Société pour le volume du centenaire. La mobilisation de 1914 et l'aggravation subite de son état de santé l'obligèrent à y renoncer. M. le professeur Emile Yung voulut bien le remplacer.

Pendant les derniers mois de sa vie Auguste Wartmann fit preuve d'une force d'âme peu commune. En sa qualité de médecin, il se savait atteint d'un mal qui ne pardonne pas. Néanmoins, jusqu'à la fin, il ne voulut rien changer à ses occupations. Tous ceux qui l'ont approché à cette époque tragique de sa vie ont emporté un sentiment d'admiration pour sa noble et stoïque résignation à l'inévitable.

Auguste Wartmann laisse de bons souvenirs et d'unanimes regrets chez ses contemporains.

THÉODORE TURRETTINI

(1845-1916)

Le 7 octobre 1916, Genève a perdu, en la personne de Théodore Turrettini un de ses meilleurs citoyens et un ingénieur distingué dont les travaux furent appréciés bien au delà des frontières du pays.

Né à Genève, en 1845, il fit ses études secondaires classiques au Collège, pour se vouer ensuite aux études techniques à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Académie de Lausanne, où il obtint, en 1867, le diplôme d'ingénieur-constructeur. En 1868, il

fait un stage aux ateliers Siemens et Halske à Berlin, afin de parfaire ses connaissances dans le domaine, alors nouveau, des applications de l'électricité. Un an plus tard, âgé de 24 ans, il prend en mains la direction de la « Société genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique ». Il a occupé ce poste jusqu'à la fin de sa carrière. Particulièrement porté à s'intéresser aux applications de la science, c'est dans cette voie surtout qu'il a travaillé aux ateliers de la « Société genevoise », qui comportent deux branches principales: d'une part l'instrument de physique destiné aux travaux de laboratoire et plus spécialement aux mesures de précision, d'autre part la grosse mécanique. Il convient de citer, entre autres objets dont Théodore Turrettini s'est personnellement occupé, un compresseur étudié en collaboration avec Colladon et qui a trouvé une importante application dans les perforatrices employées avec succès au percement du tunnel du Gothard, de même que dans les machines à glace à anhydride sulfureux (système Raoul Pictet).

Attentif à tous les progrès de l'électrotechnie, il assiste en 1872 à Vienne aux premières expériences de transmission de force électrique à distance. En 1880, il va faire un séjour en Amérique, pour étudier avec Edison la question, nouvelle à cette époque, de l'éclairage au moyen de lampes à filament de charbon.

En 1883, à l'exposition de Zurich, il collabore activement à l'installation d'une transmission de force électrique à distance.

Ces questions d'ordre technique n'empêchaient pas, d'ailleurs, l'actif directeur de la « Société genevoise » de suivre de près la construction des instruments de précision, dont l'élément fondamental est la machine à diviser, rectiligne ou circulaire. Le perfectionnement de ces machines, résultat d'une longue suite de corrections, a permis d'arriver à construire des étalons de mesures linéaires et des instruments géodésiques d'une haute précision. Théodore Turrettini a publié dans les *Archives* en collaboration avec M. C.-E. Guillaume, une note sur une règle géodésique de quatre mètres qui a été utilisée par les services topographiques de divers pays.

Mais tous ces travaux, si importants soient-ils, ne constituent pas l'œuvre capitale de Théodore Turrettini.

Son esprit de décision, son audace, sa puissance de travail et surtout le profond amour qu'il avait voué dès sa jeunesse à sa ville natale et aux solides traditions de civisme qui ont fait le fond de son éducation première, toutes les qualités qui font l'homme d'action et le bon citoyen, devaient le conduire à accomplir cette œuvre: l'utilisation de la force du Rhône, réalisée d'abord à l'usine de la Coulouvrenière et plus tard à l'usine de Chèvres. Ce travail a porté le renom de Théodore Turrettini bien loin de Genève, comme en témoignent les importantes usines similaires dont les études ont été faites depuis lors avec sa collaboration.

Il importe de dire que jusque-là, la transmission de la force se faisait par câbles et seulement à de faibles distances. La réalisation pratique des petits moteurs hydrauliques à haute pression (moteurs Schmid) fit faire un pas de plus dans cette voie, et c'est ce procédé qui fut appliqué pour transmettre la force de l'usine de la Coulouvrenière aux ateliers de la Ville.

C'est en 1882, en automne, que la question de l'utilisation de la force du Rhône entre dans sa phase décisive. L'étude et l'exécution de ce projet constituent, en effet, le programme précis avec lequel Théodore Turrettini assume cette année la charge de Conseiller administratif. Le 21 novembre 1883, lendemain du jour où furent accomplies les dernières formalités pour la concession, on se mettait à l'œuvre pour l'assèchement du bras gauche du Rhône. Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail de ces travaux, rendus particulièrement difficiles par l'obligation, où l'on se trouvait vis-à-vis des Etats riverains du Léman, de maintenir les variations de niveau du lac dans des limites déterminées. Les difficultés furent grandes, et c'est surtout pendant cette période, sous la menace de crues pouvant rompre le barrage, que le chef de l'entreprise dut se donner corps et âme à la tâche dont il avait accepté la lourde responsabilité et faire appel à toute son énergie.

La construction du bâtiment des machines, du barrage à rideaux et l'installation des turbines et des pompes fut exécutée progressivement. Cinq turbines avec leurs pompes furent mises en marche et l'usine inaugurée le 17 mai 1886. En 1888 six nouvelles turbines étaient mises en service, et enfin, en 1890, l'usine était pourvue de dix-huit turbines de 210 chevaux effectifs, et destinées à utiliser une puissance brute totale de 5400 chevaux. Rien n'a été négligé pour donner toute sécurité à des constructions où le béton a été utilisé dans des conditions non encore expérimentées. Il y a lieu de mettre en relief ce fait que, dans son ensemble, l'entreprise a marché conformément au programme que l'on avait tracé pour chaque campagne, et que chaque série de travaux fut livrée, à peu d'exceptions près, à la date fixée d'avance, quoique l'on ait eu à compter avec l'imprévu, comme il arrive toujours dans des travaux de cette nature. Tel fut le cas lors de l'épidémie de typhoïde de 1884 qui contraignit à entreprendre d'urgence la prolongation vers l'amont de la prise d'eau potable.

L'usine fut installée pour alimenter deux réseaux : l'un à basse pression, comprenant la distribution de l'eau potable, et l'autre à haute pression, destiné à fournir la force hydraulique.

Pendant la période 1887-1902 Théodore Turrettini a publié dans les Archives des Sciences physiques et naturelles deux notes sur l'érosion et le transport par l'eau, trois sur les variations du niveau du lac en rapport avec le fonctionnement du barrage de Genève.

Parallèlement avec les travaux du Rhône fut exécutée la construction du grand égout collecteur, œuvre utile entre toutes au point de vue de la salubrité publique.

Entre temps, la transmission de la force électrique à distance réalisait d'importants progrès. Le développement de diverses branches de l'industrie et principalement la nécessité de remplacer le charbon par l'électricité comme force motrice pour le réseau des tramways, qui prenait une extension considérable dans le canton, mettaient en premier plan la préoccupation d'étudier la construction d'une nouvelle usine à Chèvres. Cette idée avait d'ailleurs pris corps depuis plusieurs années au cours des travaux de la Coulouvrenière.

A Chèvres le problème se présentait sous un aspect nouveau. La puissance disponible était plus grande, environ 18000 chevaux. Si la question du maintien du niveau du lac n'avait pas à intervenir, on devait compter avec des difficultés d'un autre ordre, et notamment avec l'apport, parfois très important au moment des crues de l'Arve, de matériaux qui pouvaient obstruer le canal d'amenée et toute la partie amont de l'usine.

Ici encore, les travaux qui ont duré sept ans, de 1893 à 1899, ont été conduits avec le soin et la méthode que Théodore Turrettini savait apporter à toute chose. Les étapes principales du travail furent, en résumé, les suivantes: en 1893, construction du barrage ; en 1894, construction du bâtiment ; de 1895 à 1899, installation des machines comprenant quinze turbines de 1200 chevaux avec alternateurs. Le 19 mars 1896, avec trois alternateurs installés, on fit l'essai de l'éclairage électrique du théâtre, et le 27 avril eut lieu l'inauguration officielle de l'usine.

Le Conseil administratif de la Ville de Genève a publié en 1900 un ouvrage intitulé: *Usine de Chèvres.* De la préface, signée de Théodore Turrettini, nous extrayons les passages suivants qui caractérisent l'esprit de l'auteur et la nature des travaux qu'il a eu à conduire.

« ...Le Conseil administratif pense apporter sa pierre à l'édifice de la science en mettant sous les yeux des ingénieurs de tous pays l'exécution d'un travail qui présentait des difficultés considérables, en leur montrant le système adopté pour mener à bien la création de la force et sa distribution dans toute l'agglomération genevoise...

...Au moment où il a fallu créer de toutes pièces cette grande installation, il n'existait dans le monde entier aucune usine de cette importance qui eût passé par la période de tâtonnement nécessaire. Il fallait donc ouvrir la voie. On ne pouvait pas, comme maintenant, profiter de l'expérience des autres. »

Ce que l'auteur n'a pu dire lui-même, c'est que les expériences faites à Genève n'ont pas tardé à porter leurs fruits bien loin au dehors, ainsi qu'en

témoignent les nombreuses expertises qu'il fut appelé à faire en Suisse et à l'étranger, et parmi lesquelles il faut citer en première ligne celle qu'il a faite aux travaux du Niagara.

Il faudrait, pour être complet, citer encore d'autres travaux, et en particulier ceux qui rentrent dans le cycle de son activité comme citoyen genevois et comme citoyen suisse; tels sont la construction du pont de la Coulouvrenière, qu'il a personnellement dirigée; l'organisation de l'Exposition nationale suisse de 1896; et tout ce qu'il a fait comme officier supérieur d'artillerie.

En outre, il fut administrateur ou ingénieur-conseil d'un grand nombre d'entreprises diverses, et collabora activement aux installations hydroélectriques d'Avignonnet sur le Drac, de Séchilienne sur la Romanche, du Bournillon, du Martigny-Châtelard, de la Lonza.

Telle fut, dans ses grandes lignes, l'activité hors de pair que Théodore Turrettini a déployée sa vie durant, contribuant pour une forte part, par la création et le perfectionnement des services publics, à améliorer les conditions matérielles de la vie pour tous ses concitoyens. Mais, dans cet ordre d'idées, le côté matériel n'a pas été seul l'objet de ses préoccupations. A une époque où tous les jours se faisaient plus aiguës les controverses et les luttes de classes, il n'est pas resté en dehors de ces questions. Il a introduit, aux ateliers de la « Société genevoise », la participation de tous les ouvriers, après une année de service, aux bénéfices de l'entreprise, au prorata du salaire annuel considéré comme capital-actions. Ceux qui ont longtemps travaillé sous sa direction s'accordent à rendre hommage à la part de cœur qu'il apportait à toute collaboration, sans parler du soin méticuleux qu'il donnait à toute besogne, petite ou grande, dont il avait assumé la charge. Exigeant pour les autres, au point de vue du fini du travail et de la régularité, il ne l'était pas moins pour lui-même.

En 1912, après quarante-quatre années d'activité intense et ininterrompue, l'infatigable travailleur fut terrassé par la maladie et dut renoncer à sortir de sa demeure. Sans cesser de recevoir presque quotidiennement des nouvelles des divers travaux auxquels il prenait naguère une large part, et qu'il a suivis jusqu'à ses derniers moments avec une parfaite lucidité d'esprit, il dut, chaque jour un peu plus, limiter ses rapports au cercle de ses proches, dont l'affectueuse sollicitude a tout fait pour adoucir les souffrances d'un homme né pour l'action et que la maladie réduisait à une immobilité presque complète.

Au dire de tous ceux qui l'ont approché pendant cette douloureuse période, il a vécu ses quatre dernières années sans jamais proférer une plainte, et n'a cessé de faire rayonner sur son entourage la lumière d'un monde intérieur de certitude et de bonté, où lui-même avait trouvé un refuge.

WILLIAM RAMSAY

(1852-1916)

La personnalité du grand savant anglais étant très connue, je me bornerai à rappeler brièvement quelques dates de sa belle carrière.

Né en 1852, à Glasgow, Sir William Ramsay y fit ses études universitaires et alla les compléter à l'université de Tübingen, en Allemagne. En 1880, il fut nommé professeur de chimie à l'université de Bristol, et sept ans plus tard, en 1887, il fut appelé à la même chaire à l'université de Londres.

Après une longue série de travaux physico-chimiques qui le mirent au premier rang des savants de son temps, Ramsay étudia de concert avec lord Raleigh le résidu que l'on obtient en éliminant un à un les gaz connus de l'air atmosphérique et isola, en 1894, l'argon. L'année suivante, il découvrait dans la clévéite, minéral uranifère, la présence d'hélium, qui n'était connu jusqu'alors que par la présence d'une raie dans le spectre solaire. Etudiant les résidus de la distillation fractionnée de l'air liquide, Ramsay y découvrit successivement, de 1895 à 1898, d'autres gaz nobles, le crypton, le xénon et le néon, qui, comme l'argon et l'hélium, sont dépourvus de toute affinité chimique. En étudiant l'émanation du radium, Ramsay constata qu'elle se transforme partiellement en hélium. C'était le premier exemple d'un corps dont les atomes se détruisent spontanément en libérant une quantité énorme d'énergie. Ramsay eut l'idée d'employer cette énergie pour effectuer la transmutation ou la dégradation des éléments. Il fit des expériences très délicates et annonça même la dégradation du cuivre en lithium, du plomb en carbone, etc., par l'énergie de l'émanation. Malheureusement, les résultats annoncés par Ramsay n'ont pas été confirmés par d'autres expérimentateurs opérant sur des quantités bien plus grandes d'émanation que le savant anglais. Malgré cet insuccès, le nom de William Ramsay restera parmi les plus grands que l'histoire de la science ait eu à enregistrer.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES.

Conférences.

M. R. CHODAT. Conceptions modernes de la genèse et de l'hérédité.

M. Ch.-Eug. GUYE. Le principe d'évolution dans les sciences physico-chimiques.

Astronomie.

M. Fr. Le Coultre. Sur les comètes Mellisch et Taylor.

Physique.

M. Margot. Nouvel hygromètre à condensation.

MM. Sarasin et Tommasina. Sur l'effet Volta obtenu à l'aide de la radioactivité induite. Deux communications.

MM. Schidlof et Targonski. Etudes sur le mouvement brownien. Cinq communications.

M. Ch.-Eug. Guye. Sur l'équation de la décharge disruptive et la possibilité de trois sortes de potentiels explosifs.

Le même. Sur l'hypothèse d'un champ électrostatique moléculaire dans les gaz comprimés soumis à l'influence de la décharge disruptive.

M. Briner. Conclusions auxquelles on arrive par l'application des équations thermochimiques aux températures très élevées.

M. Raoul Pictet. Sur l'emploi du gaz à l'eau.

Chimie.

M. Amé Pictet. Action des catalyseurs sur le pétrole.

Le même. Sur les rapports du pétrole et de la houille.

M. Ph.-Aug. Guye. Sur la pyrogénation du pétrole.

M. Monnier. Sur une réaction très sensible des persulfates et des perchlorates.

Le même. Etude des terrains des marais de Covery.

Le même. Sur les engrais ferrugineux.

M. Fr. Reverdin. Recherches sur la m-phénylènediamine.

M. Bach. Réactions de la peroxydase purifiée par ultra-filtration.

M. Reich. Cyclisation, avec départ d'acide nitreux, que subissent certains corps sous l'influence des alcalis.

Géologie.

M. Raoul Boissier. Sur les alluvions charriées par l'Arve.

M. Collet. Sur le calcul des alluvions transportées par les cours d'eau.

Botanique.

M. Briquet. Etudes sur la morphologie du genre Adenostyles.
Le même. Sur l'appareil agrippeur du fruit dans le genre Bidens.
Le même. Sur la morphologie de diverses Célastracées. Deux communications.
M. Chodat. Etudes faites au laboratoire du jardin alpin Linnaea.
MM. Casimir et Augustin de Candolle. Sur la ramification des Sequoïa.

Zoologie.

M. Leuba. Etudes sur un batracien de Colombie.

Physiologie.

M. Prevost. Expériences sur le cœur de la grenouille

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 1.

LE GENRE NEMERTESIA

PAR

M. BEDOT

Le moment n'est pas encore venu d'entreprendre une revision complète et définitive des Némertésies, car ce genre renferme un trop grand nombre d'espèces insuffisamment connues. Mais il n'est pas sans intérêt, cependant, d'examiner l'ensemble des renseignements que l'on possède sur ce groupe d'Hydroïdes et de chercher à établir un peu d'ordre dans sa systématique.

LE GENRE NEMERTESIA ET LES GENRES VOISINS

Les espèces que l'on fait rentrer actuellement dans le genre *Nemertesia* ont été décrites autrefois sous les noms génériques de *Nemertesia* Lamouroux (1812), *Nigellastrum* Oken (1815), *Antennularia* Lamarck (1816), *Cymodocea* Lamouroux (1816), *Lowenia* Meneghini (1845), et *Heteropyxis* Heller (1868). Parfois même, on les a placées dans les genres *Sertularia, Plumularia, Tubularia,* et *Aglaophenia.* Le nom de *Nemertesia,* qui a la priorité, doit être définitivement adopté.

Le seul caractère d'après lequel on distinguait autrefois les *Nemertesia* des *Plumularia* était la disposition des hydroclades qui, chez les dernières, étaient toujours placés sur deux rangées aux côtés de la tige, tandis que chez les *Nemertesia* on trouvait des verticilles de deux ou plusieurs hydroclades décussés qui formaient de nombreuses rangées le long de la colonie. Mais ce caractère n'a pas une valeur absolue car, d'une part, les hydroclades sont parfois dispersés sans ordre sur la tige au lieu d'être arrangés en verticilles, et, d'autre part, ils peuvent également (surtout chez les jeunes colonies) former deux rangées sur les côtés de la tige, comme chez les Plumulaires.

Allman (1871) a heureusement attiré l'attention sur un caractère beaucoup plus important : c'est le nombre des canaux du coenosarque. Chez les *Nemertesia*, la tige (qu'elle soit fasciculée ou non) renferme toujours plusieurs canaux endodermaux, tandis que chez les *Plumularia* il n'y en a jamais qu'un seul. Nous avons donc un caractère qui semble permettre de distinguer nettement ces deux genres. Malheureusement, beaucoup d'espèces ont été déterminées autrefois d'après le nombre et la disposition des hydroclades et sans prendre en considération les canaux endodermaux, souvent difficiles à observer lorsque les colonies sont mal conservées.

Il y a encore quelques genres qui, par certains caractères, se rapprochent des *Nemertesia*. Le genre *Hippurella* établi par Allman (1877), et étudié par Fewkes (1881), a été adopté par Nutting en 1900. D'après Allman, « The genus *Hippurella* unites in itself the characters of a *Plumularia* and of an *Antennularia* or *Antennopsis* ». Nutting, dans la diagnose qu'il en donne, dit que les hydroclades sont « pinnate on the proximal portion of the stem, but scattered on distal portion ». Mais, comme le gonosome a une disposition toute spéciale et que, d'autre part, on n'a aucun renseignement sur les canaux endodermaux, on ne peut, pour le moment, faire aucun rapprochement entre les *Hippurella* et les *Nemertesia*.

En établissant le genre *Antennopsis*, Allman (1877) s'appuyait surtout sur la disposition des hydroclades qui étaient dispersés. Il faisait également remarquer que la tige ne renfermait qu'un simple canal endodermal, tandis que les *Antennularia* en ont plusieurs, mais il ajoutait que l'on ne connaissait pas encore suffisamment les *Antennopsis* pour savoir si cette disposition constituait un véritable caractère générique.

Nutting a admis le genre *Antennopsis*, dans lequel il comprend les espèces dont les hydroclades sont dispersés et la tige ne renferme qu'un seul canal endodermal. Ce dernier caractère les distingue nettement des *Nemertesia*. Mais le genre *Antennopsis* devra être soumis à une revision complète, car les espèces qu'il renferme actuellement présentent des différences très grandes dans la structure de

la tige, le mode d'attache des hydroclades, la forme des hydrothèques et la disposition des nématothèques.

On n'avait pas songé, jusqu'à présent, à rapprocher les *Polyplumaria* des *Nemertesia*. BILLARD, dans son étude des Hydroïdes du SIBOGA (1913), a fait à ce sujet d'intéressantes observations. A propos de la *Polyplumaria cornuta* (Bale) il dit entre autres : « Les hydroclades, dans la partie proximale de la tige, ont une disposition pennée, mais dans le haut ils s'insèrent suivant trois rangées et même parfois forment des verticilles de trois, comme dans le genre *Nemertesia* : ce qui accentue la ressemblance c'est qu'aussi le coenosarque est canaliculé; cependant on doit conserver cette espèce dans le genre *Polyplumaria* à cause de la ramification de l'hydroclade primaire et parce que la disposition pennée est la plus fréquente et qu'elle est constante pour les branches; mais ceci montre encore combien les genres sont reliés les uns aux autres par des termes de passage ». Chez une autre espèces, à laquelle BILLARD donne le nom de *P. sibogae*, « le coenosarque montre des tubes anastomosés ».

De nouvelles recherches sont nécessaires pour arriver à se rendre compte des relations qui existent réellement entre les *Polyplumaria* et les *Nemertesia*. On n'a pas de renseignements sur la disposition des canaux du coenosarque de *Polyplumaria flabellata* qui est l'espèce la plus connue de ce genre. La disposition pennée des branches ne peut pas être invoquée comme caractère distinctif de ces deux genres, car on l'observe également chez *Nemertesia ciliata* Bale. En revanche, il semble que l'on doive attribuer une plus grande importance à la formation des phylactocarpes des *Polyplumaria*, que l'on considérait autrefois comme de simples hydroclades secondaires, mais qui prennent, chez *P. cornuta* (Bale) et *P. sibogae* Billard, une forme très spéciale. Dans l'état actuel de nos connaissances, ce caractère suffit pour distinguer les *Nemertesia* des *Polyplumaria*, mais il n'est pas impossible que de nouvelles recherches sur les *Nemertesia intermedia*, *paradoxa*, *hexasticha* et *johnstoni*, dont nous parlerons plus loin, montrent que, chez ces espèces, la formation d'hydroclades secondaires est en relation avec celle des gonothèques.

Les genres *Sciurella* (ALLMAN 1883) et *Sibogella* (BILLARD 1913) sont très voisins de *Nemertesia* et, chez eux, la tige renferme plusieurs canaux endodermaux.

Le caractère distinctif des *Sciurella* est la forme lobée des gonothèques qui, en outre, portent de nombreuses nématothèques. Les hydrothèques sont très profondes. La seule espèce connue est *S. indivisa* Allman ; KIRKPATRICK (1890 a) et BILLARD (1910 et 1913) s'accordent pour lui donner comme synonyme *Antennularia cylindrica* Bale (1884). Quand bien même on ne connait pas les gonothèques de cette

dernière espèce, on doit adopter la manière de voir de ces auteurs, car rien dans la description d'*A. cylindrica* n'empêche de la considérer comme synonyme de *S. indivisa*, à laquelle elle ressemble d'une façon frappante par la forme de ses hydrothèques. La *P. cylindrica* de KIRCHENPAUER (dont on ne connait pas les gonothèques) a également des hydrothèques semblables à celles de *S. indivisa*, mais elle se distingue de cette espèce par la disposition de ses hydroclades.

BILLARD (1910) « ne voit pas l'utilité de conserver le genre *Sciurella* pour une seule espèce dont tous les caractères sont ceux du genre *Nemertesia* ». Il la nomme donc *Nemertesia indivisa*. Le nom d'*Antennularia indivisa* employé par LAMARCK (1816) était déjà tombé en synonymie de *N. antennina*.

La *S. indivisa* a cependant un caractère qui permet de la maintenir dans un genre distinct: c'est la présence de nématothèques sur les gonothèques. Il est vrai que, chez les *Plumularia*, on a des espèces dont les gonothèques portent des nématothèques et d'autres qui n'en ont pas. Mais il n'est pas certain que ce caractère, lorsqu'on l'aura mieux étudié chez toutes les espèces, ne puisse pas servir à établir des coupes dans le genre *Plumularia*.

Il y a encore une autre Némertésie qui a des gonothèques armées de nématothèques: c'est *Antennularia fascicularis* Allman (1883). Mais la position systématique de cette espèce parait douteuse et BILLARD (1908) nous apprend que, malheureusement, le type n'existe plus dans les collections du British Museum. Les gonothèques armées sont placées non pas à l'aisselle des hydroclades, comme chez les autres Némertésies, mais sur les hydroclades, au-dessous des hydrothèques. Les hydroclades prennent naissance sur les tubes extérieurs de la tige comme chez *Antennopsis scotiae* Ritchie. RITCHIE (1907) fait du reste remarquer que l'architecture générale de cette espèce ressemble à celle d'*Antennularia fascicularis* Allman (qu'il indique sous le nom d'*Antennopsis fascicularis)*. On serait, en effet, tenté de mettre ces deux espèces dans le même genre. Il faudrait, pour cela, être certain que l'*A. fascicularis* n'a qu'un seul canal endodermal. ALLMAN ne parle pas de ce caractère. Mais il faut remarquer qu'après avoir décrit *A. fascicularis* (1883, p. 24) il fait allusion à la distinction qu'il avait établie autrefois (1877) entre *Antennularia* et *Antennopsis* et qu'il basait principalement sur le mode de répartition des hydroclades. Il reconnait que ce caractère n'a pas une valeur générique et ajoute: « When, therefore, no other difference of greater importance exists, I believe it will be best to follow the earlier systematists, and combine all such forms under a single genus of which the well known *A. antennina* may be taken as the type ». Cela semblerait montrer qu'ALLMAN n'attribuait plus d'importance à la disposition des canaux endodermaux et n'avait pas estimé qu'il fût nécessaire d'en parler.

Quoi qu'il en soit, et étant donné que l'on n'a pas de renseignements sur l'arrangement des canaux du coenosarque de la tige, on ne peut pas être absolument certain que cette espèce soit une Némertésie et, plutôt que de la placer à côté d'espèces dont elle diffère beaucoup, il semble plus naturel de la mettre (au moins provisoirement) dans le genre *Antennopsis*, à côté de l'*Antennopsis scotiae*, avec laquelle elle présente beaucoup d'analogie. En outre, nous conserverons le genre *Sciurella* pour les espèces qui présentent les caractères des *Nemertesia*, mais qui en diffèrent par le fait que leurs gonothèques portent des nématothèques.

Le genre *Sibogella* a été établi par Billard (1913) pour une espèce, *S. erecta*, qui a une ramification spéciale. « La tige donne naissance à de nombreux petits ramules disséminés tout autour, parfois très serrés, ce qui donne une apparence de *Nemertesia*; les hydroclades sont portés par ces ramules et sont eux-mêmes situés dans différents plans. La tige est canaliculée ». Il semble donc ressortir de la description de Billard que les *Sibogella* sont des Némertésies chez lesquelles les hydroclades ne prennent pas naissance directement sur la tige, mais sur des ramules disposés avec une certaine régularité en rangées longitudinales.

La *Nemertesia ciliata* de Bale (1914) présente une certaine ressemblance avec la *Sibogella erecta*. Grâce à l'extrême obligeance de M. Briggs, de Sydney, j'ai pu étudier un échantillon de cette intéressante espèce. Elle porte des branches placées des deux côtés de la tige principale dans un même plan, mais les hydroclades se trouvent aussi bien sur la tige principale que sur ces branches. L'état de conservation de la colonie que j'ai examinée ne permettait pas de voir les canalicules du coenosarque. Néanmoins, il convient de laisser cette espèce dans le genre *Nemertesia*.

Bale (1915) a décrit également une *N. ciliata* var. *cruciata* qui est : « similar to the type, except that the hydrocladia are mostly in pairs, each pair alternating in position with those above and below ». Ce caractère différentiel n'est pas assez important et constant — ainsi que nous le verrons plus loin — pour permettre l'établissement d'espèces ou de variétés nouvelles. Il convient donc de faire rentrer cette var. *cruciata* dans les synonymes de *N. ciliata*.

Nous avons vu que les *Sciurella* et les *Sibogella* se distinguaient assez nettement des *Nemertesia*, mais qu'elles s'y rattachaient par un caractère très important : la tige pluricanaliculée. On pourrait peut-être les considérer comme formant des sous-genres, ou encore élever les Antennularides au rang de famille comprenant les trois genres *Nemertesia*, *Sciurella* et *Sibogella*. Mais, en attendant que ce groupe soit mieux connu, il est préférable de n'introduire aucune modification importante dans sa systématique et de conserver simplement à côté des *Nemertesia* les deux genres *Sciurella* et *Sibogella*.

LES CARACTÈRES SPÉCIFIQUES DES NEMERTESIA

Les caractères dont on se sert pour la détermination spécifique des *Nemertesia* sont de valeurs diverses. Autrefois, on attribuait une importance prépondérante au nombre et à la disposition des hydroclades ainsi qu'à leur mode de segmentation. Dans ces dernières années, les observations de nombreux auteurs ont montré que, chez une même espèce, les verticilles ont un nombre variable d'hydroclades et que ceux-ci peuvent même être disposés sans ordre régulier sur la tige. Il est vrai que, lorsqu'on examine des Némertésies provenant d'une même localité, on remarque souvent une certaine uniformité dans le mode de répartition des hydroclades. En revanche, en comparant un grand nombre de colonies de la même espèce, mais de régions et de profondeurs diverses, on voit qu'elles présentent, à cet égard, une extrême variabilité.

Broch (1914) a observé à ce sujet que, chez une seule et même espèce *(N. hartlaubi)*, on pouvait trouver un nombre constant d'hydroclades dans tous les verticilles d'une branche et d'autres nombres dans les verticilles des autres branches. On ne peut donc attribuer à ce caractère qu'une très faible valeur pour la détermination des espèces.

Il ne semble pas que l'on ait, jusqu'à présent, accordé une assez grande importance systématique à la disposition générale de la tige. On rencontre souvent, dans les descriptions, des termes tels que: *tige simple, tige composée,* qui peuvent amener des confusions. Nous en verrons des exemples plus loin.

Chez les Némertésies, la tige — qui est toujours pluricanaliculée, c'est-à-dire renferme plusieurs canaux endodermaux — peut être ramifiée ou non. Ce caractère n'a pas une valeur absolue, car on trouve souvent des *N. ramosa* sans branches. D'autre part, Hincks (1868) dit que *N. antennina* a une tige « simple or slightly branched » et d'autres auteurs ont confirmé cette opinion. Les branches, qui sont placées sans ordre apparent chez *N. ramosa,* tendent à prendre une disposition régulière chez *N. ciliata* Bale. Lorsque la tige ne porte aucune branche et n'est pas ramifiée, on dit qu'elle est *simple.*

En outre, chez certaines espèces, telles que *N. antennina, N. belini,* etc., la tige est toujours formée d'un seul tube ou cylindre de périsarque, tandis que chez d'autres, telles que *N. ramosa,* elle se compose de plusieurs tubes de périsarque

accolés. Dans ce dernier cas, on dit que la tige est *fasciculée*. Ce terme est préférable à celui de *polysiphonique* employé autrefois par KIRCHENPAUER (1878). Pour les tiges formées d'un seul tube de périsarque, on ne peut pas admettre le terme de *simple* puisqu'il s'applique déjà aux tiges non ramifiées et il est préférable, pour éviter toute confusion, d'adopter le terme de *tiges non fasciculées*.

Dans sa monographie des Hydroïdes du Japon (1913), STECHOW a résumé dans des tableaux les caractères distinctifs des Hydroïdes. Le genre *Nemertesia* a comme diagnose: « Stamm aus einem Bündel vieler Tuben bestehend (Zusammengesetzt) », et le genre *Antennopsis*: « Stamm einfach ».

Le genre *Antennopsis*, tel qu'il est compris aujourd'hui par NUTTING, RITCHIE, BROWNE et autres, se distingue de *Nemertesia* par le fait que son coenosarque ne renferme qu'un seul canal endodermal, comme c'est le cas chez les *Plumularia*. Mais la tige des *Antennopsis*, de même que celle des *Nemertesia*, peut être composée d'un seul ou de plusieurs tubes périsarcaux, soit être fasciculée ou non. On voit donc que, dans la diagnose de STECHOW, le terme de « Stamm zusammengesetzt », que l'on serait tenté de traduire par « tige composée », s'applique à toutes les tiges, fasciculées ou non, qui renferment plusieurs canaux endodermaux.

Dans sa description d'*Antennularia variabilis*, BROCH (1903) dit que la tige est « in dem unteren Teil zusammengesetzt, in dem oberen einfach... », soit composée dans la partie inférieure et simple dans la partie supérieure. Il est évident que le terme de composé (zusammengesetzt) n'a pas la même acception ici que dans la diagnose de STECHOW, qu'il ne se rapporte pas au nombre des canaux endodermaux, mais à celui des tubes périsarcaux, et que, par conséquent, il s'applique aux tiges fasciculées.

On rencontre parfois, chez les auteurs anglais qui décrivent des Némertésies, le terme de « Stem compound » qui peut également être interprété de différentes manières.

E.-T. BROWNE (1907) en décrivant la *N. norvegica* de G.-O. SARS, qu'il place dans le genre *Antennopsis*, dit: « The specimens... have a simple, monosiphonic stem. BONNEVIE, however, states that the main is compound, which I interpret to mean a fascicled stem. » Mais BONNEVIE (1899, p. 96) attribue un « Hydrocaulus compound » aussi bien à *A. norvegica* qu'à *A. antennina* et l'on sait que chez cette dernière espèce la tige n'est pas fasciculée. Le mot « compound », pour BONNEVIE, doit s'appliquer non pas à une tige fasciculée, mais à une tige dont le coenosarque renferme plusieurs canaux endodermaux.

Il semble donc que l'on devrait abandonner les termes de *monosiphonique*, *polysiphonique*, *composée*, *zusammengesetzt*, *compound*, qui manquent de précision, et adopter la terminologie suivante pour la tige:

simple = sans branches;
ramifiée = avec branches;
unicanaliculée = renfermant un seul canal endodermal (*Plumularia, Antennopsis*);
pluricanaliculée = renfermant plusieurs canaux endodermaux anastomosés (*Nemertesia, Sciurella, Sibogella — Polyplumaria?*);
fasciculée = formée de plusieurs tubes périsarcaux accolés;
non fasciculée = formée d'un seul tube de périsarque.

Bien que l'on ait observé quelques cas de ramification peu développée, chez des espèces à tige non fasciculée (ainsi que nous l'avons vu plus haut), il faut remarquer, cependant, que les espèces dont la ramification est normale et bien développée ont généralement une tige fasciculée. Cela donne à la colonie une plus grande solidité.

Chez les espèces ramifiées, les branches sont, le plus souvent, disposées sans ordre apparent. Une seule espèce fait exception à cet égard: c'est la *N. ciliata* dont les branches, placées régulièrement sur les côtés de la tige, se trouvent toutes dans un seul et même plan. Ce caractère permettrait à lui seul de la distinguer des autres Némertésies.

Le mode de segmentation de la tige n'est pas un caractère auquel on puisse attacher une grande importance, car il varie suivant l'âge et la région des colonies que l'on examine. Les hydroclades, lorsqu'ils sont régulièrement verticillés, sont généralement placés à la partie distale des segments. Mais, la segmentation peut s'effacer dans la région distale de la tige où l'on n'observe plus de relation entre le nombre des verticilles et celui des segments.

KIRCHENPAUER (1876, p. 29), en décrivant *N. antennina*, parle d'un bourrelet circulaire qui se trouve à l'extrémité distale des segments de la tige et sur lequel les hydroclades prennent naissance. Quelques auteurs ont donné à cette disposition la valeur d'un caractère spécifique. Or, lorsqu'on compare des colonies de développement et d'âges différents, on remarque que chez celles dont les verticilles comprennent un très grand nombre d'hydroclades, les apophyses finissent par être en contact les unes avec les autres. Leurs bases se confondent alors et forment le bourrelet circulaire. Mais, lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre d'hydroclades dans les verticilles, on ne voit aucun bourrelet. Il est probable que les choses se passent de la même façon chez toutes les espèces de Némertésies.

Au milieu de la face supérieure de la région axillaire des apophyses, se trouve une ouverture, le *pore apophysaire*. Sur un petit espace, autour de cette ouverture, le périsarque est très mince et se soulève parfois pour former une petite élévation

au sommet de laquelle se trouve le pore, et que BILLARD nomme le *mamelon basal*. Cet auteur (1913, p. 59 note) l'a observé chez *Sibogella erecta* et NUTTING (1900) le mentionne chez *A. geniculata* sous le nom de « tooth like projection ». QUELCH (1885 a), qui en parle dans sa description d'*A. profunda*, croit qu'il représente le point d'attache d'une gonothèque. BROCH (1912, p. 29) dit qu'on le trouve chez toutes les *Nemertesia* et même chez *Plumularia caulitheca* : il le considère comme une sarcothèque sessile. SPENCER (1890, p. 132), qui a étudié cet organe chez sa *Plumularia procumbens*, reconnait qu'il n'a pas de relations avec les gonothèques. Il croit qu'il sert à permettre l'introduction et l'expulsion de l'eau occupant l'espace compris entre le périsarque et l'ectoderme, lorsque les polypes se contractent. Toutes les espèces de *Nemertesia* que j'ai observées avaient des pores apophysaires, mais le *mamelon* était plus ou moins développé et souvent même faisait défaut. De nouvelles recherches sont nécessaires pour déterminer exactement la nature et les fonctions de ces organes qui sont directement et largement en communication avec les canaux endodermaux et pourraient, peut-être, être considérés comme des pores excréteurs.

Les hydroclades sont généralement simples. On a observé quelquefois des hydroclades secondaires. Ces cas sont très rares chez la plupart des Némertésies, mais KIRCHENPAUER (1876) a décrit quatre espèces chez lesquelles les hydroclades secondaires semblent être beaucoup plus fréquents. Dans la diagnose de *N. intermedia*, il ne cite pas ce caractère, mais, dans les renseignements qu'il ajoute au sujet de cette espèce (p. 51), il dit que les gonothèques femelles sont fixées à l'aisselle d'hydroclades secondaires. En revanche, les diagnoses d'*A. paradoxa, hexasticha* et *johnstoni* mentionnent clairement la présence d'hydroclades secondaires.

Chez *N. paradoxa* les colonies mâles et femelles sont différentes. Les « femelles ont souvent des hydroclades de longueurs diverses, pour la plupart très longs et alors, ce qui est rare chez les mâles, pourvus d'hydroclades secondaires... »

N. hexasticha présente « le plus souvent cette particularité que l'on observe, entre les hydroclades normaux très courts et composés seulement de quatre à six segments, quelques hydroclades aussi fins, mais très allongés et qui, soit sur toute leur longueur, soit sur leur moitié inférieure, portent des hydroclades secondaires à la place des hydrothèques... Les gonothèques sont placées à l'aisselle des hydroclades primaires ou secondaires... ». Une bonne figure (pl. 8, fig. 25 a) montre un hydroclade primaire portant trois hydroclades secondaires.

N. johnstoni, comme nous le verrons plus loin, est peut-être synonyme de *N. hexasticha*. KIRCHENPAUER en a représenté (pl. 8, fig. 26 c) un hydroclade primaire avec trois hydroclades secondaires portant chacun une gonothèque à sa base.

On est donc amené à admettre que l'apparition d'hydroclades secondaires, qui est très rare chez certaines Némertésies, devient fréquente chez d'autres espèces et tend à prendre l'importance d'un caractère spécifique. Il serait intéressant d'avoir de nouvelles observations à ce sujet. Si réellement, chez *N. hexasticha*, les hydroclades secondaires sont portés seulement par des hydroclades spéciaux, plus longs que les autres et sur lesquels ils occupent la place des hydrothèques, on se trouverait en face d'un caractère nouveau, important au point de vue systématique, et qui aurait peut-être quelque analogie avec l'apparition des phylactocarpes chez d'autres Plumularides.

La segmentation des hydroclades présente deux modes différents que l'on peut distinguer sous les noms de *segmentation homonome* et *segmentation hétéronome*. Dans le premier mode, tous les segments, ou articles, sont semblables et portent une hydrothèque, tandis que dans le second les *articles hydrothécaux* sont séparés par des *articles intermédiaires* dépourvus d'hydrothèques.

Chez quelques espèces, ce caractère semble avoir acquis une certaine fixité et ses variations sont si peu fréquentes qu'on peut les considérer comme accidentelles. Mais cela n'est pas toujours le cas et l'on trouve des espèces chez lesquelles ce caractère est extrêmement variable et semble parfois ne s'être pas encore fixé. La *N. belini* nous en offre un exemple. Chez elle, la segmentation hétéronome n'est jamais régulière. On peut trouver des hydroclades sans articles intermédiaires, soit à segmentation homonome. Le plus souvent, cependant, il y a des articles intermédiaires, mais ils ne sont jamais aussi nombreux que les articles hydrothécaux, de sorte qu'il n'y a pas une alternance régulière, soit une hétéronomie parfaite.

Chez les espèces à segmentation hétéronome, l'hydroclade peut commencer par un article hydrothécal, ou par un *article apophysaire intermédiaire* (article basal de BILLARD), c'est-à-dire par un article sans hydrothèque, situé entre l'apophyse et le premier article hydrothécal. Ce caractère ne semble pas pouvoir rendre de grands services pour la distinction des espèces, car il est également très variable. Les articles apophysaires intermédiaires paraissent être formés par séparation de la partie distale de l'apophyse. Chez *N. belini*, où on les trouve dans la proportion de 42 $^0/_0$, ils sont plus nombreux dans la région proximale que dans la région distale de l'hydrocaule.

On indique souvent, dans les descriptions des Némertésies, la position qu'occupe l'hydrothèque sur le segment hydrocladial qui la porte. Il se peut que ce caractère ait une importance spécifique, mais il convient, en l'étudiant, de tenir compte du mode de segmentation des colonies.

La longueur des segments des hydroclades (et de la tige) présente des variations qui sont dues probablement à l'action du milieu, soit aux mouvements de l'eau.

Chez les espèces telles que *N. belini*, où l'hétéronomie des hydroclades n'a pas la régularité que l'on observe souvent chez *N. antennina* des côtes européennes, les articles intermédiaires semblent s'être développés aux dépens de la partie distale des articles hydrothécaux et dans le but d'en augmenter la solidité. En conséquence, la position relative de l'hydrothèque sur le segment n'est pas toujours la même. Suivant qu'il s'est formé ou non un article intermédiaire, elle est placée au milieu ou au tiers proximal de l'article.

Les épaississements internes du périsarque (septal ridges, internal annulations de NUTTING) sont également des formations destinées à renforcer certaines parties des hydroclades. Leur développement ne présente aucune régularité. J'ai montré (1916) que chez *N. incerta* ces épaississements étaient bien visibles sur quelques articles hydrothécaux, tandis qu'ils manquaient complètement sur d'autres. Il ne semble donc pas que l'on puisse leur donner la valeur d'un caractère spécifique.

Le nombre et la position des nématothèques sur la tige, les apophyses et les hydroclades sont des caractères auxquels on attribue une grande importance pour la distinction des espèces. Mais, là encore, on observe que le mode de répartition de ces organes, très régulier chez certaines espèces, montre, chez d'autres, de nombreuses variations.

Il est impossible, par exemple, d'indiquer exactement leur nombre chez *N. belini* où les segments hydrothécaux en ont de un à cinq au-dessous, de un à trois au-dessus de l'hydrothèque (outre les deux nématothèques supracalycinales) et de un à quatre sur les articles intermédiaires. On sait, du reste, que les nématothèques se détachent très facilement et que leur absence est souvent due à un mauvais état de conservation. Il est très probable que certaines espèces ont été établies d'après des exemplaires où elles étaient incomplètes.

Les Plumularides possèdent en général une paire de nématothèques auxquelles ALLMAN a donné le nom de *supracalycinales*. Etant donné qu'elles se trouvent placées le plus souvent sur les côtés de l'hydrothèque, il est plus naturel de les désigner sous le nom de *nématothèques pleurohydrothécales*, pour les distinguer des nématothèques médianes situées au-dessus de l'hydrothèque. Ces nématothèques supracalycinales ou pleurohydrothécales manquent ou sont remplacées par une seule nématothèque chez quelques espèces de Némertésies dont nous parlerons plus loin. Plusieurs auteurs croient que leur absence est accidentelle ; si l'on peut prouver qu'elle est normale, ce serait alors un bon caractère spécifique.

Les renseignements que l'on possède sur le gonosome des Némertésies sont encore très incomplets. Cela provient surtout du fait que la plupart des espèces ont été décrites d'après des échantillons conservés à l'alcool et fixés d'une façon très insuffisante. On a dû alors se borner, le plus souvent, à indiquer la forme extérieure

des gonothèques (qui est même inconnue chez beaucoup d'espèces), sans pouvoir en déterminer le sexe. On ne doit pas oublier non plus que la forme de ces organes peut varier suivant leur état de développement et de conservation.

Chez *N. paradoxa*, d'après KIRCHENPAUER (1876, p. 53), il y a des colonies mâles et des colonies femelles que l'on pourrait prendre pour des espèces différentes si elles ne s'élevaient pas de la même hydrorhize. Il serait intéressant de savoir si le même fait ne se présente pas chez d'autres espèces.

On voit que les caractères sur lesquels est basée la systématique des Némertésies sont tous très variables et que leurs variations n'ont pas encore été suffisamment étudiées pour permettre des conclusions certaines. Il importerait surtout de se rendre compte des variations que peut présenter une espèce suivant la profondeur et l'état du milieu dans lequel elle vit. Malheureusement, on n'a pu étudier, jusqu'à présent, qu'un petit nombre d'espèces des grands fonds et leur état de conservation laissait souvent à désirer.

LES ESPÈCES QUI RENTRENT DANS LE GENRE NEMERTESIA

Parmi les nombreuses espèces de Némertésies qui ont été établies jusqu'à ce jour, il y en a quatre que l'on peut tout de suite mettre de côté et considérer comme indéterminables, vu l'insuffisance de leur description. Ce sont : *Antennularia cyathifera* Dana (1846-49), *A. triseriata* Pourtalès (1869), *Nemertesia plumosa* Kirchenpauer (1876, p. 20) et *A. dichotoma* Haller (1890).

On a reconnu, depuis longtemps, que *A. indivisa* Lamarck (1816) = *N. antennina* L., et que *A. arborescens* Hassal (1843) = *N. ramosa* Lmx.

BILLARD (1906), qui a pu étudier l'échantillon type de la *N. janini* de LAMOUROUX, a constaté que c'était une *N. ramosa*. Les espèces auxquelles GRÆFFE (1884) et MARKTANNER (1890) donnaient le nom d'*A. janini* ne sont probablement que des variétés de *N. antennina*.

STECHOW (1909) a reconnu que son *A. dendritica* (1907) était la même espèce que celle à laquelle BILLARD a donné le nom de *N. perrieri* et dont nous reparlerons plus loin.

N. antennina est la plus commune de toutes les Némertésies et celle qui a été le mieux étudiée. Il n'est donc pas étonnant qu'on en ait décrit plusieurs

variétés. Celles que JOHNSTON nomma d'abord (1832) *Antennularia antennina* var. 1 et var. 2, et plus tard (1834) var. *indivisa* et var. *ramosa*, correspondent à *N. antennina* et *N. ramosa*.

Nous allons d'abord parler des espèces qui sont synonymes de *N. antennina* ou qui s'en rapprochent le plus.

N. pentasticha de PIEPER (1880) ne diffère en rien de *N. antennina*. Dans la diagnose latine de cette espèce, PIEPER parle de « Surculi plures monosiphonii ». Plus loin, il dit que de l'hydrorhize s'élève « ein kurzer mehrröhriger Stamm, aus welchem einige wenige Aeste hervorgehen, welche nach einmaliger Teilung gerade in die Höhe schiessende, einröhrige Stämmchen bilden...

Il est probable qu'il s'agit bien de colonies non fasciculées, mais formant une touffe dans laquelle les hydrocaules étaient accolées à la base (ce qui arrive parfois), de façon à donner l'illusion d'une tige composée. Du reste, tous les caractères de cette espèce montrent qu'il s'agit bien de *N. antennina*.

Aucune raison importante n'empêche de considérer également l'*A. octoseriata* de JÄDERHOLM (1896) comme synonyme de *N. antennina*. Il en est de même pour l'*A. cruciata* de PIEPER, ainsi que nous le verrons plus loin.

La diagnose que KIRCHENPAUER donne de *A. antennina* var. *minor* ne mentionne aucun caractère qui puisse la distinguer de la *N. antennina* typique. Il ajoute : « Cette forme se distingue de la *N. antennina* en partie par le fait qu'elle est plus petite, au plus 12 cent. de long, en partie parce qu'il lui manque la segmentation marquée (deutliche Gliederung) qui a valu son nom à cette espèce. Chez *N. antennina* les hydroclades sont fixés à de petits prolongements en massue (Kegelförmig) qui, réunis en verticilles de huit à dix autour de la tige, y forment un bourrelet en anneau visible à l'œil nu. Cet anneau ne se trouve pas chez cette variété ; les hydroclades sont bien en verticilles, mais seulement de quatre à six dans chaque cercle, et leur partie inférieure n'est pas aussi épaissie que chez *A. antennina* ; ils font plutôt l'effet de s'élever directement de la tige, sans ordre. Cependant, ces différences ne suffisent pas pour établir une nouvelle espèce ». On a vu plus haut que ce bourrelet en anneau, dont parle KIRCHENPAUER, est un caractère qui n'a pas d'importance au point de vue spécifique ; il en est de même pour la longueur de la tige et le nombre des hydroclades.

Deux des Némertésies nouvelles qui ont été décrites par NUTTING dans sa belle monographie des Plumularides de l'Amérique (1900), *A. pinnata* et *A. americana* paraissent se rapporter à *N. antennina* ou à une variété de cette espèce.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, la fasciculation de la tige me parait être un caractère important pour la détermination des espèces. M. le professeur NUTTING, sur ma demande, a examiné à ce sujet les nouvelles espèces de Némertésies amé-

ricaines qu'il a décrites et m'a fait savoir qu'elles avaient toutes une tige non fasciculée. Je tiens à exprimer ici ma vive reconnaissance à ce savant naturaliste pour l'amabilité avec laquelle il a bien voulu me donner tous les renseignements qui pouvaient m'être utiles.

BILLARD a déjà montré que l'*A. pinnata* devait être considérée comme synonyme d'*A. antennina*. Je me range à cet avis, car je ne vois aucun caractère qui puisse distinguer cette espèce (qui mesure 3 pouces et n'a pas de gonosome) d'une jeune colonie de *N. antennina*.

Après avoir décrit *A. americana*, NUTTING dit qu'elle est très voisine d'*A. antennina* mais qu'on peut l'en distinguer parce que, chez elle, l'apophyse n'est pas séparée de la première hydrothèque proximale par plus d'un nœud, caractère qui paraît être constant, et par le fait qu'elle vit dans des eaux plus profondes (106 à 680 m.). La profondeur de l'habitat ne peut pas servir à la détermination des espèces. Quant à l'autre caractère, indiqué par NUTTING, il montre que *A. americana* peut avoir ou bien des apophyses portant une hydrothèque, ou bien des apophyses sans hydrothèques suivies d'un article hydrothécal. Or, ces deux cas se rencontrent chez *N. antennina* où, il est vrai, le second est normal et de beaucoup le plus fréquent. DRIESCH (1891) et BILLARD (1901) ont même vu parfois chez *A. antennina* des apophyses avec une hydrothèque.

BROCH (1903, p. 10 et 1912, p. 29) soutient qu'*A. americana* est synonyme d'*A. antennina*. Il dit avoir examiné des colonies chez lesquelles quelques hydroclades étaient semblables à ceux d'*A. americana* et d'autres à ceux d'*A. antennina*.

Cette espèce, ainsi que nous le verrons plus loin, doit être considérée comme une variété de *N. antennina*.

La grande variabilité des caractères d'*A. antennina* conduit insensiblement à l'apparition de formes qui semblent être plus ou moins définitivement fixées et ont été distinguées spécifiquement. Les dimensions des articles hydrocladiaux peuvent varier. Lorsqu'ils s'allongent, on a la var. *longa* de BILLARD (1904). Dans ce cas, la position de la nématothèque de l'article intermédiaire varie et se déplace vers l'extrémité distale. On voit souvent apparaître une seconde nématothèque sur l'article intermédiaire. Les colonies chez lesquelles cette disposition est fréquente, sans cependant se présenter sur la majorité des articles, a reçu de BILLARD le nom de *N. perrieri* var. *antennoides*, tandis qu'il considère les formes qui ont toujours deux nématothèques sur l'article intermédiaire comme appartenant à une espèce distincte qu'il nomme *N. perrieri*.

STECHOW (1909), admettant les idées de BILLARD, avait créé une *N. perrieri* var. *irregularis* pour l'*Antennularia irregularis* de QUELCH (1885). Cette variété comprenait les formes chez lesquelles l'article intermédiaire à deux nématothèques

est souvent (mais non pas toujours) remplacé par deux articles à une seule nématothèque. Plus tard (1913) STECHOW modifia ses idées à ce sujet, ainsi que nous le verrons plus loin.

D'autre part, j'ai donné le nom de *N. belini* à une forme chez laquelle les variations dans le mode de segmentation des hydroclades et dans le nombre des dactylothèques sont non pas seulement accidentelles, mais constantes. Cette espèce a, sur les articles hydrothécaux, de une à cinq nématothèques médianes proximales et de zéro à trois distales, et, sur les articles intermédiaires, une à quatre nématothèques.

Au point de vue du mode de segmentation de l'hydroclade, nous venons de voir que l'hétéronomie typique consistant dans l'alternance régulière des articles hydrocladiaux et intermédiaires se modifie parfois par l'*augmentation* de ces derniers. Dans certains cas, au contraire, on observe une *diminution* du nombre des articles intermédiaires qui se montre, d'abord, dans la région proximale des hydroclades. C'est ce qui se passe dans la variété de *N. antennina* à laquelle NUTTING avait donné le nom d'*A. americana.*

On peut discuter la valeur que l'on doit attribuer à ces variétés ou espèces et se demander si elles ne représentent pas seulement les différents aspects que peut prendre une seule et même espèce lorsqu'elle est soumise à l'influence de milieux différents. Il nous semble, cependant, que dans l'état actuel de nos connaissances, nous avons tout avantage à déterminer exactement les stades de cette évolution et à les distinguer en leur appliquant des noms spécifiques qui pourront plus tard être supprimés si on le juge nécessaire. Mais, avant de réunir toutes ces formes sous une seule et même dénomination spécifique, il conviendra, cependant, de les étudier de plus près, de ne pas se borner, comme on l'a fait trop souvent, à déterminer les caractères d'une colonie d'après l'examen d'un petit nombre d'hydroclades, mais en s'efforçant d'arriver à fixer la valeur et la fréquence des variations qu'elles présentent. En effet, ces variations prennent une importance plus ou moins grande suivant qu'elles sont rares ou fréquentes dans une même colonie.

On peut actuellement réunir dans un groupe, que nous appellerons le *groupe antennina,* un certain nombre d'espèces et de variétés, entre lesquelles on trouve une série de stades intermédiaires, mais qui présentent en commun les caractères suivants : Tige droite, non fasciculée ; hydroclades à segmentation hétéronome; gonothèques ovoïdes, portant à leur extrémité libre un couvercle aplati, plus ou moins incliné sur le côté.

L'espèce type de ce groupe, *N. antennina,* a une segmentation hétéronome des hydroclades très régulière, c'est-à-dire que l'on trouve toujours un article intermédiaire entre deux articles hydrothécaux; il y a toujours (outre les deux

nématothèques pleurohydrothécales) deux nématothèques médianes, l'une sur l'article hydrothécal, au-dessous de l'hydrothèque, et l'autre sur l'article intermédiaire. Chez beaucoup de colonies de cette espèce, ces caractères ont une grande fixité et leurs modifications ne se montrent que dans une proportion excessivement faible. Mais cela n'est pas toujours le cas.

Les variations les plus fréquentes concernent principalement le mode de segmentation des hydroclades et le nombre des nématothèques médianes. On peut alors voir apparaître l'une ou l'autre des modifications suivantes :

a) diminution du nombre des articles intermédiaires;

b) allongement des articles hydrocladiaux;

c) formation, aux dépens de l'article hydrothécal ou de l'article intermédiaire, d'un deuxième article intermédiaire;

d) formation de nématothèques médianes supplémentaires qui se placent soit sur les articles hydrothécaux, soit sur les articles intermédiaires.

Ces modifications se présentent isolément ou simultanément sur un plus ou moins grand nombre d'hydroclades d'une colonie. On ne doit donc en tenir compte, pour l'établissement d'espèces nouvelles, que dans le cas où elles se trouvent sur la grande majorité des hydroclades et donnent à l'ensemble de la colonie un faciès différent de celui du type.

Nous placerons, comme bonne espèce, à côté de la *N. antennina,* la *N. perrieri* de BILLARD qui a *toujours* deux nématothèques sur l'article intermédiaire. En outre, nous réunirons sous le nom de *N. antennina* var. *irregularis,* toutes les espèces et variétés chez lesquelles les modifications du type primitif, mentionnées plus haut, s'observent parfois, mais ne paraissent pas encore avoir acquis la valeur d'un caractère spécifique, et qui sont en quelque sorte intermédiaires entre *N. antennina* et *N. perrieri.* Nous aurons donc comme synonymes de cette variété : *A. irregularis* Quelch, *A. americana* Nutting, *A. antennina* var. *longa* Billard, *A. perrieri* var. *antennoides* Billard et *A. perrieri* var. *irregularis* Stechow.

Si l'on fait abstraction du mode de segmentation des hydroclades, on voit que le nombre des nématothèques médianes, entre deux hydrothèques voisines, est toujours de deux chez *N. antennina,* de deux ou trois chez *N. antennina* var. *irregularis,* et de trois chez *N. perrieri.* Mais, chez les espèces du groupe *antennina,* ce nombre peut encore augmenter et l'on arrive alors à la forme spécifique que j'ai décrite sous le nom de *N. belini,* où il est toujours supérieur à trois, et le plus souvent de cinq.

STECHOW en 1909 admettait l'*A. perrieri* de BILLARD et plaçait son *A. dendritica* parmi les synonymes de cette espèce. Il reconnaissait la plupart des variétés

créées par BILLARD et donnait à l'*A. irregularis* de QUELCH le nom d'*A. perrieri* var. *irregularis*.

Plus tard, STECHOW (1913, p. 93), modifiant sa manière de voir, rétablit comme bonne espèce *N. irregularis* (Quelch) et lui donne comme synonymes non seulement *N. perrieri* et ses variétés, mais encore toutes les variétés de *N. antennina* décrites par KIRCHENPAUER et BILLARD, auxquelles il ajoute l'*A. octoseriata* de JÄDERHOLM. Voici comment il s'exprime à ce sujet (p. 94) : « BILLARDS verschiedene Varietäten gehören alle ein und derselben Art an, nicht zwei Arten, *N. antennina* und *N. perrieri*, wie man nach seiner Namengebung annehmen könnte. Sämtliche neueren Autoren (QUELCH, JÄDERHOLM, BILLARD, STECHOW) sind sich nun darin einig, dass diese Form von *N. antennina* als besondere Art abgetrennt werden muss und nicht bloss eine Varietät von ihr ist, wie ihr erster Beobachter KIRCHENPAUER annahm. Diese Art muss daher den Namen *N. irregularis* führen. Ihre Varietäten dürfen nicht, wie BILLARD es tut, als Varietäten von *N. antennina* bezeichnet werden, sondern müssen *Nemertesia irregularis* (Quelch) var. *antennoides*, bezw. var. *longa* heissen. »

Il ne nous semble pas que l'on puisse adopter l'opinion de STECHOW et cela pour les raisons suivantes :

a) Si l'on rencontre fréquemment des Némertésies du groupe *antennina* chez lesquelles la disposition des nématothèques médianes présente des variations, d'autre part on voit des colonies où ce caractère est fixé de façon à établir un type déterminé. C'est le cas pour la *N. perrieri*. Ce type doit donc être distingué par un nom spécifique.

b) On peut établir facilement la diagnose de *N. antennina* et de *N. perrieri*. Il ne serait pas possible de faire de même pour *N. irregularis*, car cette espèce, telle que la comprend STECHOW, ne représente pas un type spécifique, mais bien un ensemble de variations du type *N. antennina* et *N. perrieri* auxquelles cet auteur a ajouté *A. antennina* var. *minor* Kirchenpauer, *A. antennina* var. *longa* Billard et *A. octoseriata* Jäderholm que l'on ne peut pas séparer de *N. antennina*.

c) STECHOW admet les var. *antennoides* et *longa* pour la *N. irregularis*. On ne voit pas pourquoi ces variétés pourraient être établies aux dépens d'une espèce dont les caractères ne sont pas déterminés, et ne seraient pas rattachées plutôt aux espèces voisines dont le type est bien défini.

Nous croyons donc qu'il est préférable de considérer *A. irregularis* non pas comme une espèce, mais comme une variété de *N. antennina* et d'enlever de sa synonymie (telle qu'elle est établie par STECHOW) toutes les formes qui se rattachent incontestablement à *N. antennina* et *N. perrieri*.

D'autre part, nous avons mentionné plus haut, au nombre des modifications qui

se présentent dans le type *antennina*, la réduction du nombre des articles intermédiaires. Elle se montre déjà chez l'*A. americana* que nous avons placée dans les synonymes de *N. antennina* var. *irregularis*. Ce caractère devient dominant chez la *N. incerta* Bedot. Mais les gonothèques de cette espèce sont en forme de corne d'abondance, et non pas ovoïdes ; c'est la raison pour laquelle nous ne la plaçons pas dans le groupe *antennina*.

Les *N. hexasticha* et *johnstoni* de KIRCHENPAUER, chez lesquelles on trouve certains caractères qui les rapprochent de *N. antennina*, ont également des gonothèques dont la forme diffère de celles de cette espèce.

En revanche, il est possible que de nouvelles recherches permettent, plus tard, de faire rentrer dans le groupe *antennina* la *N. paradoxa* Kirchenpauer dont nous avons déjà parlé et les *N. geniculata* et *rugosa* de NUTTING.

D'après NUTTING, *A. geniculata* se distinguerait par les caractères suivants. Les hydroclades sont dispersés sur la tige, mais présentent souvent une tendance à l'arrangement en verticilles. Ils sont placés sur de longues et épaisses apophyses « which have a distinct tooth-like projection on the upper surface ». La portion distale de la tige est géniculée. Les gonanges ovoïdes ont une ouverture latérale. Les autres caractères indiqués sont semblables à ceux que l'on observe chez *N. antennina*. La *tooth-like projection* mentionnée par NUTTING paraît, ainsi que nous l'avons vu plus haut, être le mamelon basal qui se rencontre, plus ou moins développé, chez toutes les Némertésies (comp. NUTTING, 1900, p. 18-19 et p. 71, pl. 10, fig. 3). Bien qu'elle soit très voisine de *N. antennina*, cette espèce s'en distingue donc par sa tige géniculée et par la position latérale de l'ouverture des gonothèques.

A. rugosa Nutting est caractérisée surtout par un épaississement du périsarque de la face inférieure et externe des hydroclades qui forme des cloisons (septal ridges) incomplètes et irrégulières. Les internœuds sont très longs et irréguliers et portent parfois plus d'une hydrothèque. Les processus de la tige (apophyses), auxquels les hydroclades sont attachés, sont très courts (unusually short) et chacun d'eux a une protubérance épaisse (swollen) sur sa surface supérieure. Le gonosome est inconnu.

NUTTING ne donne pas d'indications précises sur la disposition des nématothèques médianes et se borne à dire qu'il y en a deux ou trois entre deux hydrothèques adjacentes.

En résumé, on peut actuellement faire rentrer dans le groupe *antennina* les formes suivantes :

N. antennina (Linné),

N. antennina var. *irregularis* (Quelch),

N. perrieri (Billard).
N. belini (Bedot).

En outre on doit considérer comme espèces très voisines de celles qui forment ce groupe :

N. paradoxa (Kirchenpauer) et *N. geniculata* (Nutting).

N. ramosa est, avec *N. antennina*, l'espèce qui a été le plus souvent et le mieux observée. MEREJKOWSKY (1882) lui donnait, par erreur, le nom d'*Antennularia ramulosa*.

Depuis que l'on a étudié les variations qui se présentent habituellement chez *N. ramosa*, surtout relativement au nombre et à la disposition des hydroclades, on peut, sans hésiter, inscrire parmi ses synonymes *A. profunda* Quelch (1885) et *A. simplex* Allman (1877).

ALLMAN a attiré l'attention sur deux « processus en forme de dent » au sommet desquels sont fixés les nématophores supracalycinaux d'*A. simplex*. Il s'agit, en réalité, de petits mamelons plus ou moins développés sur le côté des hydrothèques et que l'on peut très bien observer chez *N. ramosa*.

BILLARD (1906) a créé une *N. ramosa* var. *plumularioides* à laquelle il attribue les caractères suivants : « Les hydroclades allongés sont espacés et, au lieu de former des verticilles touffus, ils se détachent soit isolément, soit par deux ; plus rarement ils sont verticillés par trois. Dans les deux premiers cas, ils sont placés le plus souvent dans un même plan, et certaines colonies ne diffèrent en rien des véritables Plumulaires... Parfois les hydroclades sont disposés dans deux plans rectangulaires. D'ailleurs, il peut exister diverses dispositions le long d'une même tige... L'hydrocaule porte de nombreuses dactylothèques caulinaires ». Les hydroclades offrent des articles intermédiaires, mais ils sont rares et portent une dactylothèque, tandis que l'article hydrothécal précédent n'en a pas. BILLARD ne dit pas si la tige est fasciculée et n'a pas observé les gonothèques. Il s'agit donc, très probablement, d'une jeune colonie, mais il n'est pas certain que ce soit une variété de *N. ramosa*.

La *N. incerta* que j'ai décrite (1916) montre une disposition des hydroclades qui ressemble beaucoup à celle de *N. ramosa* var. *plumularioides*, mais sa tige simple, non fasciculée, et la forme de ses gonothèques, empêchent de la rattacher à *N. ramosa*. Elle se distingue également de *N. norvegica* par la structure de sa tige et la disposition des nématothèques [1].

[1] Je saisis cette occasion pour corriger une erreur qui s'est glissée dans la description que j'ai donnée de cette espèce (1916). A la page 8, ligne 4, il faut lire : *N. norvegica* au lieu de *N. ramosa*.

Parmi les Némertésies décrites jusqu'à présent, il y a cinq espèces chez lesquelles, au dire des auteurs qui les ont découvertes, on ne trouve pas la paire de nématothèques supracalycinales qui s'observe chez toutes les autres espèces. On sait avec quelle facilité les nématothèques se détachent des colonies qui n'ont pas été pêchées et conservées avec beaucoup de soins, ce qui permet de croire que, souvent, leur absence est purement accidentelle. Néanmoins, nous ne pouvons pas, *a priori*, admettre que ce cas ne puisse pas se présenter normalement.

Les cinq espèces en question sont : *N. hexasticha, cruciata, johnstoni, norvegica* et *variabilis*.

N. hexasticha Kirchenpauer (1876) se distingue de toutes les autres Némertésies connues par le fait que les segments hydrothécaux sont *complètement* dépourvus de nématothèques et sont suivis de segments intermédiaires portant une nématothèque. Mais cette espèce montre d'autres caractères importants. Sa tige est monosiphonique, c'est-à-dire non fasciculée. A côté des hydroclades, généralement très courts, s'en trouvent d'autres, longs, qui portent soit sur toute leur longueur, soit sur leur moitié inférieure, des hydroclades secondaires. Ses gonothèques, en forme de bouteille à col, sont fixées à l'aisselle des hydroclades primaires ou secondaires.

La *N. johnstoni* Kirchenpauer (1876) a beaucoup d'analogie avec *N. hexasticha*. Elle a souvent des hydroclades secondaires ; ses gonothèques sont en forme de bouteille à col et paraissent, d'après la figure que Kirchenpauer en donne (pl. 8, fig. 26 *c*), être fixées à la base des hydroclades secondaires. Les seuls caractères qui la distinguent de *N. hexasticha* sont le nombre des hydroclades des verticilles et celui des nématothèques. Chez *N. johnstoni*, il y a deux hydroclades par verticille, tandis que chez *N. hexasticha* il y en a trois. Nous savons maintenant que ce caractère est trop variable pour qu'on puisse lui attribuer une valeur spécifique. Chez ces deux espèces, les segments intermédiaires des hydroclades portent une nématothèque. Quant aux articles hydrothécaux, ils sont dépourvus de nématothèques chez *N. hexasticha*, tandis que, chez *N. johnstoni*, ils en ont deux placées l'une au-dessous, l'autre au-dessus de l'hydrothèque. Malheureusement, Kirchenpauer n'indique pas la place exacte qu'occupe la nématothèque distale. D'après la figure qu'il donne (pl. 8, fig. 26 *b*), on ne peut pas savoir si cette nématothèque est médiane ou placée à côté de l'hydrothèque. Dans ce dernier cas, on pourrait admettre qu'il y avait deux nématothèques supracalycinales et que l'une des deux s'est détachée.

Il est fort probable que ces deux espèces de *Nemertesia* n'en forment qu'une et que les échantillons d'après lesquels elles ont été établies étaient mal conservés et avaient perdu la plus grande partie de leurs nématothèques.

La *N. cruciata* Pieper (1881) paraît également avoir été établie d'après un échantillon dont les nématothèques étaient incomplètes. Les hydroclades ont des segments intermédiaires avec une nématothèque et des segments hydrothécaux avec une nématothèque médiane proximale et une nématothèque *latérale, à côté de l'hydrothèque.* Tous les autres caractères mentionnés par Pieper sont ceux d'une *N. antennina* à verticilles de quatre hydroclades décussés. Nous croyons donc que l'on peut considérer *N. cruciata* comme synonyme de *N. antennina*, en admettant que la colonie étudiée par Pieper avait perdu une partie de ses nématothèques supracalycinales.

La Némertésie que G.-O. Sars (1874) a décrite sous le nom d'*Heteropyxis norvegica* est encore une espèce au sujet de laquelle on manque de renseignements précis. Les hydroclades sont divisés en articles de grandeurs différentes, mais portant chacun une hydrothèque accompagnée de trois nématothèques placées comme suit : une au dessous de l'hydrothèque, une autre à l'extrémité distale de l'article, et la troisième derrière l'hydrothèque. Cette dernière ne peut pas être considérée — ainsi que nous l'avons fait pour *N. cruciata* — comme étant l'une des deux nématothèques supracalycinales (l'autre ayant disparu). La description de Sars a été confirmée par Bonnevie (1899) qui a étudié trois exemplaires de cette espèce, récoltés par la Norske-Nordhavs Expedition. Dans le tableau des espèces étudiées, cet auteur dit que les nématophores sont placés sur une seule rangée et jamais par paires. Nous devons donc admettre ce caractère qui est important au point de vue spécifique. Ajoutons, d'après Bonnevie, que les hydroclades sont dispersés (scattered) sur la tige et que l'hydrocaule est « compound ».

Billard (1906, p. 217) a cru avoir retrouvé cette espèce dans la Méditerranée. Au cours de la description qu'il en donne, il dit entre autres : « Bonnevie n'indique qu'une dactylothèque suprahydrothécale, mais il en existe deux, et, si on ne les voit pas toujours, c'est que l'une ou même les deux peuvent être tombées... Cette espèce, par la succession des articles de l'hydroclade et par la disposition des dactylothèques, est très voisine d'*A. ramosa* et pourrait peut-être être considérée comme une variété à articles plus longs et plus minces, à épaississements internes du périsarque des hydroclades... La forme de la gonothèque est semblable.

Billard admet donc que le caractère distinctif de cette espèce, soit la présence d'une seule nématothèque derrière l'hydrothèque, remplaçant les deux nématothèques supracalycinales, repose sur une erreur d'observation. C'est un point important qui demande de nouvelles recherches. Si, dans les exemplaires qui ont été étudiés par Sars et Bonnevie, les nématothèques étaient au complet, il convient de maintenir *N. norvegica* comme bonne espèce, distincte de celle de Billard ; mais s'il existe normalement une paire de nématothèques supracalycinales,

comme BILLARD l'admet, on doit la considérer comme synonyme, ou tout au plus comme une variété de *N. ramosa*. Les différences qu'elle présenterait avec cette dernière espèce seraient de peu d'importance. En effet, la longueur des articles hydrothécaux est, on le sait, très variable. Chez *N. ramosa*, BILLARD leur donnait comme dimensions moyennes, en 1904 (p. 224) 500 μ et, en 1906 (p. 215), 610 à 700 μ. Les mensurations que j'ai faites sur de nombreuses colonies de régions diverses m'ont donné des chiffres variant entre 416 et 768 μ. La *N. norvegica* de BILLARD avait des articles hydrothécaux de 700 à 930 μ. Quant aux épaississements internes du périsarque, c'est un caractère très individuel et auquel on ne peut pas attribuer une valeur spécifique, ainsi que nous l'avons vu.

Ces caractères ne sembleraient donc pas assez importants pour empêcher d'établir une synonymie entre *A. ramosa* et *A. norvegica*. Il faut cependant remarquer que la forme des gonothèques représentées par SARS chez *A. norvegica* diffère de celle que l'on observe généralement chez *N. ramosa*, bien que BILLARD les trouve semblables chez les deux espèces. Il est vrai que la gonothèque de *N. ramosa*, dans le spécimen que représente HINCKS (1868), rappelle un peu celles qui sont figurées par SARS.

BROWNE (1907), en étudiant les Hydroïdes récoltés par le « HUXLEY » dans le golfe de Biscaye, a trouvé une espèce qu'il identifie avec l'*H. norvegica* de SARS. Mais, ayant reconnu que les tiges étaient « simples et monosiphoniques » il la met dans le genre *Antennopsis* sous le nom d'*A. norvegica*. La disposition des hydroclades est pennée chez les jeunes colonies et devient irrégulière plus tard. Tous les segments hydrothécaux ont trois nématophores : « two situated in front of the hydrotheca and one behind it ».

Il ne semble pas certain que l'espèce dont parle BROWNE soit la même que celle de SARS et de BONNEVIE. En effet, il la place dans le genre *Antennopsis* (à tige unicanaliculée) en donnant au terme de « stem compound » employé par BONNEVIE un sens qui, ainsi que nous l'avons vu (p. 21) est très discutable.

On voit donc que de nouvelles recherches sont encore nécessaires pour que l'on puisse établir nettement les caractères de *N. norvegica* et sa synonymie.

Chez l'*A. variabilis* de BROCH (1903) les segments hydrocladiaux ne portent que deux nématothèques, l'une au-dessous, l'autre au-dessus de l'hydrothèque, mais, ajoute l'auteur, « très souvent l'une ou l'autre peut manquer ». A part cela, cette espèce semble présenter les mêmes caractères que *N. norvegica*. Les gonothèques de cette dernière sont « en forme de corne d'abondance, le sommet tronqué et operculé », tandis que chez *N. variabilis* ils sont « ovales, fortement recourbés avec ouverture oblique (schief) à l'extrémité distale ». Il est difficile de comprendre, d'après ces deux descriptions, en quoi consiste réellement leur différence. BROCH

ajoute que *A. variabilis* se distingue des autres Antennulaires par ses nématophores particuliers et très petits. Malheureusement, il ne donne pas de description et de figure détaillée de ces nématophores dont il n'indique pas les dimensions, de sorte qu'on ne peut pas savoir en quoi ils se distinguent de ceux des autres Némertésies. Cette espèce ressemble beaucoup à une *N. ramosa* qui aurait perdu une partie de ses nématothèques.

Il y a trois Némertésies qui se distinguent de toutes les autres espèces par le fait que leurs hydroclades, à segmentation homonome, portent sur chaque article une nématothèque médiane au-dessous de l'hydrothèque et deux supracalycinales. Ce sont : *N. intermedia*, *A. japonica* et *N. tetrasticha* [1].

Les seuls renseignements que nous ayons sur les deux premières espèces sont dus aux auteurs qui les ont découvertes, KIRCHENPAUER (1876) et STECHOW (1907 et 1909). Leurs descriptions paraissent à première vue différentes, mais, en les étudiant de plus près, on voit qu'elles peuvent très bien se rapporter à la même espèce.

Voici un état comparatif des diagnoses de ces deux espèces :

N. intermedia.	*A. japonica.*
Tige droite, peu rameuse, polysiphonée.	Tige non ramifiée, sans internœuds visibles, sauf un petit nombre qui se présentent irrégulièrement.
Verticilles de 3, pas très réguliers.	Verticilles de 3, placés de telle façon que deux d'entre eux ne sont éloignés l'un de l'autre que des $^2/_8$ de la circonférence et que le troisième, qui leur est opposé, est éloigné de chacun des deux premiers par une longueur égale aux $^3/_8$ de la circonférence.
Les hydroclades alternent, mais pas très exactement. Ils forment 6 rangées, non pas droites, mais tournant autour de la tige.	Les verticilles sont alternants, de sorte que le clade isolé se trouve placé alternativement à droite et à gauche et toujours dans l'espace qui sépare les deux autres placés l'un près de l'autre. Cet arrangement forme une ligne droite non spiralée le long de la tige.

[1] On a vu plus haut que l'*Antennularia cylindrica* de BALE, qui offre la même disposition doit être placée dans le genre *Sciurella*.

Hydroclades longs, articulés, les articles longs portant tous des polypes.	Clades très longs, ayant jusqu'à vingt thèques, indistinctement segmentés obliquement, mais composés seulement d'articles portant des thèques; non visiblement épaissis à la base. Il n'y a pas d'internœuds entre la tige et le premier thèque. Périsarque très épais; chaque article avec 9 forts septes parmi lesquels, cependant, il n'y en a qu'un petit nombre qui traversent complètement l'article.
Hydrothèques cupuliformes placées au milieu des articles.	Thèques petites, cupuliformes, aussi profondes que larges, d'une longueur égale au $^1/_8$ de celle de l'article, un peu plus près de l'extrémité proximale, complètement attachées.
Nématothèques bithalames, infundibuliformes, au nombre de 3 dans chaque article, soit 2 latérales à l'ouverture de l'hydrothèque et 1 à l'extrémité inférieure de l'article.	1 nématophore médian placé sur un bourrelet au-dessous de la thèque, 2 latéraux au-dessus d'elle, 1 au commencement de chaque clade et également 1 de chaque côté de l'aisselle. 5 paires dans chaque verticille de la tige.
Gonothèques cyathiformes pédicellées.	Gonothèques inconnues.

On voit que ces deux descriptions diffèrent surtout par le fait que les auteurs n'ont pas porté leur attention sur les mêmes caractères.

Kirchenpauer donne des figures de *N. intermedia;* il a observé la fasciculation de la tige et les gonothèques. En revanche, il ne parle pas des nématothèques caulinaires et dit peu de chose de la disposition des hydroclades. Ce dernier point a été étudié de très près par Stechow qui, malheureusement, ne figure pas son espèce, ne dit rien de la fasciculation de la tige et n'a pas pu observer les gonothèques.

La disposition des hydroclades de *A. japonica* est intéressante, mais il ne me semble pas que l'on puisse en tirer un caractère spécifique. En effet, cette question n'a pas été étudiée à fond chez les Némertésies. Les observations comparatives que j'ai pu faire sur un grand nombre d'hydrocaules de *N. belini* m'ont montré que les

hydroclades étaient arrangés de façons très diverses et que souvent une disposition qui paraissait être caractéristique se rencontrait sur une hydrocaule et ne se présentait pas sur d'autres hydrocaules de la même touffe.

C'est la raison pour laquelle je ne crois pas que l'on puisse attacher d'importance au fait que chez *N. intermedia* les hydroclades forment des rangées non pas droites, mais tournant autour de la tige, tandis que chez *A. japonica* ces rangées forment une ligne droite, non spiralée le long de la tige. J'ai observé ces deux dispositions chez *N. belini*.

D'après KIRCHENPAUER, les hydrothèques sont attachées au milieu des articles et, d'après STECHOW, un peu plus près de l'extrémité proximale. Cette distinction n'aurait de valeur que si elle était accompagnée d'autres caractères spécifiques. En résumé, je ne crois pas que, dans l'état de nos connaissances, on soit en droit de distinguer ces deux espèces. Nous les réunirons donc sous le nom de *N. intermedia*. Remarquons encore que KIRCHENPAUER attribue à cette espèce des gonothèques cyathiformes, soit en forme de coupes. Sur la figure qu'il en donne (pl. 7, fig. 23 *b*) on voit trois gonothèques dont l'une (en bas) est bien cyathiforme, mais paraît être incomplètement développée, tandis que les deux autres ont l'extrémité libre rétrécie en forme de col.

Il y a encore une Némertésie à segments homonomes qui possède trois nématothèques, une médiane proximale et deux supracalycinales : c'est *N. tetrasticha* (MENEGHINI 1845).

Aucun auteur n'en a donné jusqu'à présent une description complète. Elle a été trop souvent déterminée uniquement d'après le nombre et la disposition de ses hydroclades, ce qui est insuffisant puisque nous savons aujourd'hui que la disposition « tétrastique » peut se rencontrer chez la plupart des Némertésies.

D'après BROCH (1912, p. 31), les gonothèques sont oviformes (eiförmig), ce qui permet de supposer qu'elles sont semblables à celles de *N. ramosa*, et qu'elles diffèrent de celles de *N. intermedia*.

DRIESCH (1891) a observé que la tige était fasciculée, que les verticilles étaient composés de deux ou trois hydroclades, et que la disposition typique des articles hydrothécaux comprenait : une nématothèque au-dessous de l'hydrothèque et deux nématothèques supracalycinales. Il fait remarquer en outre (p. 472) que : « bei *A. tetrasticha* wurde nicht selten und zwar, wenn überhaupt, im unteren Stockteil an allen Fiedern, im oberen nur proximal die *ramosa*-Ordnung beobachtet ». Ce qui revient à dire qu'il n'est pas rare de trouver des articles hydrothécaux de *N. tetrasticha* portant une némathothèque médiane au-dessus de l'hydrothèque.

D'autre part, DRIESCH ajoute : « Bei *A. ramosa* ist nicht ganz selten die distale

Einzelnematophore durch einen Einschnitt abgetrennt, also die *antennina*-Ordnung vorhanden, doch nur im distalen Fiederteil; bisweilen fehlt sie (*tetrasticha*-Ordnung). »

J'ai eu l'occasion d'observer, à Naples, plusieurs colonies de *N. ramosa* chez lesquelles de nombreux articles hydrothécaux n'avaient pas de nématothèque médiane distale, tandis que d'autres en étaient pourvus. En comparant les descriptions qui ont été données de *N. tetrasticha*, on arrive à la conclusion qu'il s'agit ou d'une *N. ramosa* ayant perdu une partie de ses nématothèques médianes distales, ou d'une variété de cette espèce. En attendant de nouvelles recherches à ce sujet, nous la laisserons figurer parmi les *Nemertesia* comme espèce douteuse.

Busk (1851, p. 119) a donné le nom d'*Antennularia cymodocea* à une espèce provenant du sud de l'Afrique, mais il la décrivit d'une façon si sommaire et incomplète que Kirchenpauer (1876, p. 30) et Bale (1884, p. 146) la considéraient comme une espèce douteuse. Ce dernier auteur ajoutait qu'elle était peut-être synonyme de *N. decussata*. Kirkpatrick (1890) a pu examiner les types de Busk et a montré que cette espèce était la même que celle à laquelle Kirchenpauer donnait le nom de *N. decussata*. Billard (1910) a confirmé ces observations. On sait maintenant que le mode de segmentation des hydroclades et la disposition des nématothèques sont semblables à ce que l'on voit chez *N. antennina*. Mais *N. cymodocea* diffère de cette dernière espèce par le fait que sa tige est fasciculée et que les gonothèques se terminent par un col. Billard ajoute : « les épaississements interhydrocladiaux sont aussi plus fortement accentués et il existe souvent un faible épaississement correspondant au fond de l'hydrothèque ».

Ritchie (1907, p. 542) a décrit sous le nom d'*Antennularia hartlaubi* une espèce qui paraît être synonyme de *N. cymodocea*. Il dit qu'elle se rapproche par sa structure générale d'*A. decussata*, *A. johstoni* et *A. irregularis*. Mais cette comparaison est basée sur la disposition et le nombre des hydroclades, caractère qui, ainsi qu'on l'a vu, n'a pas grande valeur spécifique. Il ajoute que « cette espèce se distingue de celles citées plus haut par le fait qu'elle a des septes internodaux très fortement prononcés ». Ce caractère est déjà indiqué sur la figure que donne Kirchenpauer (1876, pl. 2, fig. 24) d'un hydroclade de *N. decussata* et nous venons de voir que Billard l'a également mentionné. Ritchie n'a pas vu les gonothèques de son espèce. Il ne semble donc pas possible de distinguer *A. hartlaubi* de *A. cymodocea*.

Mais cette question de synonymie se complique du fait que Broch (1914) a donné une nouvelle description de *N. hartlaubi* d'après l'examen d'exemplaires pourvus de gonothèques « ovales with a large oblique aperture at the summit ». La

forme de ces gonothèques (dont BROCH donne un dessin) ne correspond pas à celle que KIRCHENPAUER décrit et figure chez *N. decussata*. Mais, en revanche, elle est semblable à celle que l'on observe chez *N. antennina*.

BROCH termine sa description en disant que *N. hartlaubi* « is closely allied to *Nemertesia antennina* (Lin.), from which it is distinguished by the arrangement of its hydrocladia and its colours ». Ces caractères n'ont pas assez d'importance pour autoriser une distinction spécifique. Nous arrivons donc à cette conclusion que l'*Antennularia hartlaubi* de RITCHIE est, de même que *N. decussata* Kirchenpauer, synonyme de *N. cymodocea* (Busk), tandis que l'espèce décrite sous le nom de *N. hartlaubi* par BROCH est synonyme de *N. antennina*.

On doit, selon toutes probabilités, faire rentrer dans le genre *Nemertesia* l'espèce que JÄDERHOLM (1904) a décrite sous le nom de *Plumularia duseni*. L'arrangement de ses hydroclades peut permettre de croire, à première vue, qu'il s'agit d'une *Plumularia*. Voici, en effet, ce qu'en dit l'auteur : « Am unteren Theile des Stammes sind sie nämlich fiedrig gestellt und liegen in einer Ebene, während sie in oberen Teil der Kolonie von allen Seiten des Stammes entspringen und demnach radiär geordnet sind ».

On sait, actuellement, que la disposition *plumularoïde* des hydroclades peut se rencontrer non seulement chez de jeunes colonies de *Nemertesia*, mais aussi dans la région proximale de la tige de certaines espèces (*N. ramosa* var. *plumularioides* Billard). Aucun des autres caractères mentionnés par JÄDERHOLM ne peut empêcher de placer cette espèce dans le genre *Nemertesia*.

N. duseni se distingue de *N. antennina* par la forme de ses gonothèques ovoïdes terminées par un col étroit. Elle a des épaississements périsarcaux accusés.

Après la revision très sommaire que nous venons de faire, on voit qu'il reste, dans le genre *Nemertesia*, 19 espèces dont la plupart sont insuffisamment connues. De nouvelles recherches permettront probablement de diminuer encore ce nombre et de caractériser d'une façon plus exacte les formes réellement distinctes et leurs variétés. En attendant, nous donnerons la synonymie de ces espèces, et leur diagnose basée sur les caractères qui semblent avoir le plus de valeur.

TABLEAU DES ESPÈCES

Genre *Nemertesia* Lamouroux 1812.

1. *N. antennina* (Linné) 1758.

Sertularia antennina Linné 1758.
Nemertesia (Sertularia) antennina Lamouroux 1812.
Nigellastrum antenninum Oken 1815.
Antennularia indivisa Lamarck 1816.
Cymodocea simplex Lamouroux 1816.
Nemertesia antennina Lamouroux 1816.
Antennularia antennina Fleming 1828.
Antennularia antennina var. *indivisa* Johnston 1834.
Plumularia verticillata Thompson 1848.
Nemertesia antennina var. *minor* Kirchenpauer 1876.
Antennularia pentasticha Pieper 1880.
Antennularia cruciata Pieper 1881.
? *Antennularia janini* Graeffe 1884.
Antennularia octoseriata Jäderholm 1896.
Antennularia pinnata Nutting 1900.
Nemertesia hartlaubi sec. Broch 1914.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant un couvercle incliné sur l'axe.

2. *N. antennina* var. *irregularis* (Quelch) 1885.

Antennularia irregularis Quelch 1885.
Antennularia janini Marktanner 1890.
Antennularia americana Nutting 1900.
Antennularia antennina var. Billard 1901.
Antennularia antennina var. *longua* Billard 1904.
Antennularia perrieri var. *antennoides* Billard 1904.
Antennularia antennina var. *longa* Billard 1906.
Antennularia perrieri var. *irregularis* Stechow 1909.
p. p. *Nemertesia irregularis* (Quelch) sec. Stechow 1913
Nemertesia irregularis var. *antennoides* Stechow 1913.
Nemertesia irregularis var. *longa* Stechow 1913.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome irrégulière, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une seule némathothèque ou une nématothèque proximale et une distale qui peuvent être parfois réparties sur deux articles intermédiaires.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant un couvercle incliné sur l'axe.

3. *N. belini* Bedot 1916.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome irrégulière, portant sur l'article hydrothécal : de une à cinq nématothèques proximales, deux pleurohydrothécales et de zéro à trois distales ; sur l'article intermédiaire de un à quatre nématothèques.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant un couvercle incliné sur l'axe.

4. *N. ciliata* Bale 1914.

Nemertesia ciliata var. *cruciata* Bale 1915.

Tige fasciculée, à ramification régulière ; les branches sont placées des deux côtés de la tige dans un seul plan. Hydroclades à segmentation hétéronome portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque. Des épaississements périsarcaux.

Gonothèques campanulées (Bale).

5. *N. cymodocea* (Busk) 1851.

Antennularia cymodocea Busk 1851.
Antennularia decussata Kirchenpauer 1876.
Nemertesia decussata Kirchenpauer 1876.
Antennularia hartlaubi Ritchie 1907.

Tige fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque. Des épaississements périsarcaux.

Gonothèques ovoïdes, pourvues à leur extrémité libre d'un col à ouverture étroite.

6. *N. duseni* (Jäderholm) 1904.

Plumularia duseni Jäderholm 1904.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque. Des épaississements périsarcaux.

Gonothèques ovoïdes, pourvues à leur extrémité libre d'un col à ouverture étroite.

7. *N. geniculata* (Nutting) 1900.

Antennularia geniculata Nutting 1900.

Tige non fasciculée, géniculée dans sa région distale. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une ou deux nématothèques.

Gonothèques ovoïdes, avec un couvercle sur le côté. Cette espèce est très voisine de *N. antennina* et de sa var. *irregularis*.

8. *N. hexasticha* Kirchenpauer 1876.

Antennularia hexasticha Kirchenpauer 1876.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome. Pas de nématothèques sur l'article hydrothécal, mais une nématothèque sur l'article intermédiaire. Souvent des hydroclades secondaires.

Gonothèques ovoïdes, pourvues à leur extrémité libre d'un col à ouverture étroite.

9. *N. incerta* Bedot 1916.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale, deux pleurohydrothécales et une distale.

Les articles hydrothécaux ont souvent de nombreux épaississements périsarcaux, mais peuvent aussi en être entièrement dépourvus.

Gonothèques en forme de corne d'abondance.

10. *N. intermedia* Kirchenpauer 1876.

Antennularia intermedia Kirchenpauer 1876.
Heteropyxis intermedia Kirchenpauer 1876.
Antennularia japonica Stechow 1907.

Tige fasciculée. Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales. Des épaississements périsarcaux. Parfois des hydroclades secondaires.

Gonothèques cyathiformes ? ou ovoïdes, à col et ouverture étroite. (Comp. la figure donnée par KIRCHENPAUER et sa description.)

11. *N. johnstoni* Kirchenpauer 1876.

Antennularia johnstoni Kirchenpauer 1876.
Plumularia johnstoni Kirchenpauer 1876.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et une distale ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque. Des épaississements périsarcaux. Parfois des hydroclades secondaires.

Gonothèques ovoïdes, pourvues à leur extrémité libre d'un col à ouverture étroite.

12. *N. norvegica* (G. O. Sars) 1874.

Heteropyxis norvegica G. O. Sars 1874.

Tige fasciculée (?). Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale, une au-dessus de l'hydrothèque et une distale. Des épaississements périsarcaux.

Gonothèques en forme de corne d'abondance.

13. *N. paradoxa* Kirchenpauer 1876.

Antennularia paradoxa Kirchenpauer 1876.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque. Les colonies ♂ et ♀ diffèrent. Chez les ♂ les hydroclades sont très courts. Chez les ♀ on trouve un certain nombre d'hydroclades plus grands qui portent des hydroclades secondaires, ce qui est rare chez les ♂.

Gonothèques : ♂ ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant une ouverture inclinée sur l'axe ; ♀ ovoïdes, pourvues à leur extrémité libre d'un col à ouverture étroite.

14. *N. perrieri* (Billard) 1901.

Antennularia perrieri Billard 1901.
Antennularia dendritica Stechow 1907.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation hétéronome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales ; sur l'article intermédiaire : une nématothèque proximale et une distale.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant un couvercle incliné sur l'axe.

15. *N. ramosa* Lamouroux 1816.

Sertularia antennina β Linné 1758.
Aglaophenia gracilis Lamouroux 1816.
Antennularia ramosa Lamarck 1816.
Cymodocea ramosa Lamouroux 1816.
Nemertesia janini Lamouroux 1816.
? *Tubularia fruticulosa* Schweigger 1819.
Cymodocea comata Lamouroux 1821.
Sertularia seticornis Hogg 1827.
Antennularia janini Blainville 1830.
Antennularia antennina var. *ramosa* Johnston 1834.
Antennularia arborescens Hassal 1843.
Heteropyxis ramosa Kirchenpauer 1876.
Plumularia gracilis Kirchenpauer 1876.
Antennularia simplex Allman 1877.
Antennularia ramulosa Merejkowsky 1882.
Antennularia profunda Quelch 1885.

Tige fasciculée. Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal : une nématothèque proximale, deux pleurohydrothécales et une distale.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée, avec un couvercle plus ou moins incliné sur l'axe qui peut être lui-même un peu recourbé.

16. *N. ramosa* var. *plumularioides* (Billard) 1906.

Antennularia ramosa var. *plumularioides* Billard 1906.

Tige? Hydroclades à segmentation irrégulière. Lorsqu'il n'y a pas d'article intermédiaire, l'article hydrothécal porte: une nématothèque proximale, deux pleurohydrothécales et une distale. Lorsqu'il y a un article intermédiaire, il porte une nématothèque et alors l'article hydrothécal précédent n'a pas de nématothèque distale.

Gonothèques : ?

17. *N. rugosa* (Nutting) 1900.

Antennularia rugosa Nutting 1900.

Tige non fasciculée. Hydroclades à segmentation très variable et indistincte. Outre les deux nématothèques pleurohydrothécales, il y a deux ou trois médianes entre deux hydrothèques voisines. Nombreux épaississements périsarcaux; apophyses renflées.

Gonothèques : ?

18. *N. tetrasticha* (Meneghini) 1845.

Aglaophenia tetrasticha Meneghini 1845.
Lowenia tetrasticha Meneghini 1845.
Heteropyxis tetrasticha Heller 1868.
Plumularia tetrasticha Kirchenpauer 1876.
Nemertesia tetrasticha Carus 1884.
Antennularia tetrasticha Quelch 1885.

Tige fasciculée (sec. DRIESCH). Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal: une nématothèque proximale et deux pleurohydrothécales; il peut s'y ajouter (sec. DRIESCH) une nématothèque distale qui est parfois placée séparément sur un article intermédiaire.

Gonothèques ovoïdes (sec. BROCH).

Cette espèce est probablement synonyme de *N. ramosa*.

19. *N. variabilis* (Broch) 1903.

Antennularia variabilis Broch 1903.

Tige fasciculée. Hydroclades à segmentation homonome, portant sur l'article hydrothécal: une nématothèque proximale et une distale.

Gonothèques ovoïdes, à extrémité distale tronquée et portant un couvercle incliné sur l'axe qui est lui-même recourbé.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1871 Allman, G. J. *A Monograph of the Gymnoblastic or Tubularian Hydroïdes.* London.

1877 Allman, G. J. *Report on the Hydroïda collected during the exploration of the Gulf-Stream by L.-F. de Pourtalès.* Mem. Mus. comp. Zool. Harvard College. Vol. 5, n° 2, 66 pp., 34 pl.

1883 Allman, G. J. *Report on the Hydroïda dredged by H. M. S. Challenger during the years 1873-1876. P. 1. Plumularidae.* Ex: Rep. Scient. Results Voyage Challenger (Zool.) Vol. 7, 55 pp., 20 pls. London.

1884 Bale, W. M. *Australian Museum. Catalogue of the australian Hydroïd Zoophytes.* Sydney.

1914 Bale, W. M. *Report on the Hydroïda collected in the Great Australian Bight and other localities. II.* Ex: Biological results of the fishing experiments carried on by the F. J. S. « Endeavour » 1909-1914. Vol. 2. P. 4, pp. 166-188, pl. 35-38. Sydney.

1915 Bale, W. M. *Report on the Hydroïda collected in the Great Australian Bight and other localities. III.* Ex: Biological results of the fishing experiments carried on by the F. J. S. « Endeavour » 1909-1914. Vol. 3. P. 5, pp. 241-336, pl. 46-47. Sydney.

1915 Bedot, M. *Sur la variatian des caractères spécifiques chez les Némertésies.* Bull. Institut océanographique Monaco, n° 314, 1916, 8 pp.

1901 Billard, A. *Note sur l'Antennularia antennina Lin. et sur l'A. perrieri n. sp.* Bull. Mus. Hist. nat. Vol. 7, pp. 68-75.

1904 Billard, A. *Contribution à l'étude des Hydroïdes.* Ann. Sc. nat. (Zool. 8). Tome 20, pp. 1-251, pl. 1-6.

1906 Billard, A. *Hydroïdes.* Ex: Expéditions scientifiques du « Travailleur » et du « Talisman ». Tome 8, pp. 153-243. Paris.

1908 Billard, A. *Sur les Plumulariidae de la collection du Challenger.* C. R. Acad. Sc. Tome 147, pp. 758-760.

1910 Billard, A. *Revision d'une partie de la collection des Hydroïdes du British Museum.* Ann. Sc. nat. (Zool. 9). Tome 11, pp. 1-67.

1913 Billard, A. *Les Hydroïdes de l'expédition du Siboga. I. Plumularides.* Ex: Résultats des explorations zoologiques... du Siboga. Monogr. VII *a*. Leiden.

1830 [Blainville, H.-M.-D.]. Article: *Zoophytes.* Ex: Dictionnaire des Sciences naturelles. Vol. 60. Paris.

1899 Bonnevie, K. *Hydroïda.* Ex: Den Norske Nordhavs-Expedition 1876-1878. XXVI Zoologi. Christiania.

1903 Broch, H. *Die von dem norwegischen Fischereidampfer « Michael Sars » in den Jahren 1900-1902 in dem Nordmeer gesammelten Hydroïden.* Bergens Museum Aarbog, 1903, n° 9, 14 pp., 4 pl.

1912 Broch, H. *Hydroïduntersuchungen III.* Kgl. norske videnskabers Selkabs Skrifter, 1911, Nr 1, pp. 1-65.

1914 BROCH, H. *Hydroïda from the « Michael Sars » North Atlantic Deep-Sea Expedition 1910.* Rep. sc. Results of the « Michael Sars » North Atlantic Deep-Sea Exped. 1910. Vol. 3, P. 1, 18 pp. Bergen.

1907 BROWNE, E. T. *The Hydroïds collected by the « Huxley » from the North side of the Bay of Biscay in August 1906.* Journ. mar. biol. Ass. Vol. 8, n° 1, pp. 15-36, pl. 1-2.

1851 BUSK, G. *A list of Sertularian Zoophytes and Polyzoa from Port Natal, Algoa Bay, and Table Bay, in South Africa.* Rep. 20th Meet. brit. Ass. Adv. Sc. (Edinburgh 1850). P. 2, pp. 118-120. London.

1884 CARUS, J. V. *Prodromus faunae mediterraneae. Pars I.* Stuttgart.

1846-49. DANA, J.-D. *Zoophytes.* Ex: Narrative of the U. S. Explorating Expedition during the years 1838-42 by Ch. Wilkes, vol. 7. 1 vol. et atlas. Philadelphia.

1891 DRIESCH, H. *Tektonische Studien an Hydroïdpolypen. III. Antennularia.* Iena. Zeitschr. Naturw. Bd. 25, pp. 467-479.

1881 FEWKES, J. W. *Report on the Acalephae.* Ex: Reports on the results of dredging... by the U. S. Coast Survey Steamer Blake. In: Bull. Mus. comp. Zool. Harvard Coll. Vol. 8, pp. 127-140, 4 pl.

1828 FLEMING, J. *A History of british animals.* Edinburgh.

1884 GRAEFFE, E. *Uebersicht der Seethierfauna des Golfes von Triest... III. Coelenteraten.* Arb. zool. Inst. Wien. T. 5, pp. 333-362.

1890 HALLEZ, P. *Le laboratoire maritime de zoologie du Portel.* Rev. biol. Nord de la France, 1890, pp. 90-96.

1843 HASSAL, A. H. *Remarks on three species of marine zoophytes.* Ann. Mag. nat. Hist. Vol. 11, pp. 111-113.

1868 HELLER, C. *Die Zoophyten und Echinodermen des Adriatischen Meeres.* Verh. zool. botan. Ges. Wien, Bd. 18, Beilage. 88 pp., 3 pl.

1868 HINCKS, T. *A History of the british Hydroid Zoophytes.* 2 vol. London.

1874 HINCKS, T. *Notes on norwegian Hydroïda from deep-water.* Ann. Mag. nat. Hist., (4) vol. 13, pp. 125-137.

1827 HOGG, J. *On the natural history of the vicinity of Stockton-on-Tees.* Ex: BREWSTER, J. *History of Stockton.* Stockton.

1896 JÄDERHOLM, E. *Ueber aussereuropäische Hydroïden des zoologischen Museums der Universität Upsala.* Bihang till k. svenska Vet. Akad. Handlingar. Bd. 21, Afd. 4, n° 6, 20 pp., 2 pl.

1904 JÄDERHOLM, E. *Hydroïden aus den Küsten von Chile.* In: Arkiv Zool. Bd. 2, n° 3, 7 pp., 2 pl. Stockholm.

1832 JOHNSTON, G. *A descriptive catalogue of the recent Zoophytes found on the coast of North Durham.* Trans. nat. Hist. Soc. Northumberland, Durham and Newcastle-upon-Tyne. Vol. 2, P. 1, pp. 239-272, pl. 7-12.

1834 JOHNSTON, G. *A catalogue of the Zoophytes of Berwickshire.* Ex: Hist. of the Berwickshire Nat. Club. [Vol. 1] pp. 107-108. Edinburgh.

1876 KIRCHENPAUER, G. H. *Ueber die Hydroidenfamilie Plumularidae... Plumularia und Nemertesia.* Abh. a. d. Gebiete d. Naturwiss., herausg. v. naturwiss. Verein Hamburg-Altona. Bd. 6. Abth. 2. 59 pp., 8 pl.

1890. Kirkpatrick, R. *Reports on the zoological collections made in Torres Straits by Professor A. C. Haddon, 1888-89. Hydroïda and Polyzoa.* Scient. Proc. R. Dublin Soc., (n. S.), Vol. 6, pp. 603-626, pl. 14-17.

1816 Lamarck (de), J. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres.* Vol. 2. Paris.

1812 Lamouroux. *Extrait d'un mémoire sur la classification des Polypes coralligènes non entièrement pierreux.* Nouv. Bull. des Sc. par la Soc. philomatique. Vol. 3, 5e année, p. 881.

1816 Lamouroux, J. V. F. *Histoire des Polypiers coralligènes flexibles vulgairement nommés Zoophytes.* Caen.

1821 Lamouroux, J. *Exposition méthodique des genres de l'ordre des Polypiers.* Paris.

1758 Linnaeus, C. *Systema naturae.* Edit. 10, reformata. 2 vol. Holmiae.

1890 Marktanner-Turneretscher, G. *Die Hydroïden des k. k. naturhistorischen Hofmuseums.* Ann. naturhist. Hofmus. Bd. 5, pp. 195-286, pl. 37.

1845 Meneghini, G. *Osservazioni sull' ordine delle Sertulariee della classe dei Polipi.* Mem. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti. Vol. 2, pp. 183-199, pl. 12-14.

1882 Merejkowsky (de), C. *Sur les nématophores des Hydroïdes.* Bull. Soc. zool. France. Vol. 7, pp. 280-281.

1900 Nutting, C. *American Hydroïdes I. The Plumularidae.* Smithsonian Institution. U.S. National Museum. Special Bulletin.

1815 Oken. *Lehrbuch der Naturgeschichte.* 3er Teil. Zoologie. 2. vol. et atlas. Iéna.

1880 Pieper. *Zwei neue Arten, zum Genus Plumularidae gehörende Hydroidpolypen.* 8ter Jahresber. westphäl.-Provinz. Ver. f. Wiss. u. Kunst, 1879, pp. 142-144.

1881 Pieper. *Antennularia cruciata, eine neue Hydroïde aus der Adria.* 9. Jahresb. westfäl. Provinz.-Ver., f. Wiss. u. Kunst, 1880, pp. 40-43, pl. 2.

1869 Pourtalès (de), L. F. *Contributions to the fauna of the Gulf-Stream at great depths.* Bull. Mus. comp. Zool. Harvard College. Vol. 1, pp. 103-120.

1885 Quelch, J. J. *On some deep-sea and shallow-water Hydrozoa.* Ann. Mag. nat. Hist., (5) vol. 16, pp. 1-20, pl. 1-2.

1907 Ritchie, J. *The Hydroïds of the scottish National antarctic expedition.* Trans. R. Soc. Edinburgh. Vol. 45, P. 2, pp. 519-545. 3 pls.

1874 Sars, G. O. *Bidrag til Kundskaben om norges Hydroïder.* Forhandl. i. Videnskabs-Selskabet i Christiania (1873) pp. 91-160, pl. 2-5.

1819 Schweigger, A. F. *Beobachtungen auf naturhistorischen Reisen. Anatomisch-physiologische Untersuchungen über Corallen.* Berlin.

1890 Spencer, W. B. *A new family of Hydroïdea.* Trans. R. Soc. Victoria, vol. 2, P. 1 (1890), pp. 121-140, pl. 17-23.

1907 Stechow, E. *Neue japanische Athecata und Plumularidae aus der Sammlung Dr Doflein.* Zool. Anz. Bd. 32, pp. 192-200.

1909 Stechow, E. *Hydroidpolypen der japanischen Ostküste I.* Ex : Doflein. *Beiträge zur Naturgeschichte Ostasiens.* In : Abh. math.-phys. Kl. Bayer Akad. Wiss. Suppl. Bd. 1. Abh. 6.

1913 Stechow, E. *Hydroïdpolypen der japanischen Ostküste II.* Ex. : Doflein. *Beiträge zur Naturgeschichte Ostasiens.* Abh. Math.-phys. kl. Bayer Akad. Wiss. Suppl. Bd. 3. Abh. 2.

TABLE DES ESPÈCES CITÉES

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Muséum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXIII (1884-1916). Prix Fr. 30

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896)
Prix . . . . Fr. 6

Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

FASCICULE 2

RAPPORT PRÉSIDENTIEL POUR L'ANNÉE 1917

par M. Arnold PICTET

RAPPORT PRÉSIDENTIEL POUR L'ANNÉE 1918

par M. F. BATTELLI

GENÈVE

GEORG & Cie

BALE et LYON même maison.

PRIX : **Fr. 3.**

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 2, VOLUME 39

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 2

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1917

PAR

M. Arnold PICTET

Messieurs et chers Collègues,

Alors que tout autour de nous la guerre continue à déchainer ses atrocités, apportant ses restrictions jusque dans notre petite République, qui n'aspire qu'à vivre dans la paix et la civilisation, notre Société a poursuivi son activité avec le meilleur zèle.

Le rapport de mon prédécesseur, M. A. Bach, vous avait fait remarquer que l'année 1916, en ce qui concerne la fréquentation de nos séances et le nombre des communications présentées, s'était signalée par une sérieuse augmentation sur 1915, et il avait attribué cette recrudescence d'activité à un résultat indirect de la guerre: dans le désarroi causé par les événements tragiques, les regards se portent vers les valeurs qui ne trompent pas et la science en est une des plus sûres. L'année 1917 a heureusement confirmé ce résultat, car le nombre des travaux apportés aux 15 séances que nous avons eues n'est pas inférieur à celui de 1916.

Nous avons tenté l'essai de mettre à 4 h. $^1/_2$ de l'après-midi nos séances d'été

qui jusqu'alors nous réunissaient à 2 heures. Mais il ne semble pas que cette innovation puisse être considérée comme fournissant un avantage, car les deux séances de juin et de juillet de cette année tenues sous le nouveau régime, se sont montrées légèrement moins fréquentées et actives que les deux correspondantes de 1916, qui avaient eu lieu à 2 heures. Nous pensons qu'il faudra néanmoins poursuivre encore cet essai.

A l'assemblée générale du 18 janvier 1917, vous avez élu à la vice-présidence M. le Prof. Yung, auquel nous sommes heureux de confier dès ce jour les destinées de notre Société en qualité de président. Vous aviez en outre composé votre comité des publications de MM. Pidoux, Bach, Carl, et de Lessert, dont le mandat vient à expiration. Aujourd'hui, vous aurez à élire un vice-président pour 1918 — et votre comité est unanime à vous proposer M. le Prof. Battelli, ainsi que quatre membres du comité des publications, pour lesquels nous désignons à vos suffrages: MM. Brun, Briquet, Briner et Arnold Pictet. M. Perrot, comme secrétaire des publications, M. Augustin de Candolle, comme trésorier et M. Joukowsky, comme secrétaire des séances, conservent encore dans notre comité les charges qu'ils ont si utilement remplies jusqu'à maintenant. Notre dévoué secrétaire, M. Joukowsky, ayant entrepris un voyage durant une partie de l'année, et étant heureusement de retour au milieu de nous, a été remplacé pendant son absence par M. le Dr J. Carl, auquel nous adressons ici nos remerciements.

Votre Comité des publications s'est réuni plusieurs fois pour traiter de l'administration de la Société et notamment il est entré en pourparlers avec le Comité des Archives des Sciences physiques et naturelles au sujet de la publication du compte rendu de nos séances dans ce périodique. Ces pourparlers n'ayant pas encore abouti devront continuer en 1918.

La Société bâloise des Sciences naturelles nous a fait l'honneur de nous inviter à la célébration de son centenaire, à laquelle nous avons été représentés par M. le Dr J. Carl, tandis qu'à l'Assemblée de la Société Helvétique, à Zurich, notre Société avait pour délégués M. le Dr J. Briquet et votre Président.

Au cours de l'année qui vient de se terminer, nous avons reçu deux nouveaux membres ordinaires, MM. Raoul Boissier et Sigmund Reich, et enregistré deux démissions d'associés libres, MM. Henri d'Auriol et Emile Veillon. En revanche, nous avons élu membre honoraire le Prof. Hugo de Vries, le distingué botaniste hollandais, à l'occasion de sa nomination à l'éméritat de l'Université d'Amsterdam.

Mais la mort a durement frappé à notre porte ; à côté de deux de nos membres honoraires les plus émérites, elle nous a enlevé trois dévoués amis, dont un parmi nos plus jeunes, deux parmi nos doyens et je vais essayer maintenant de relater les traits saillants de leur vie.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

ALFRED MONNIER

(1874-1917)

La mort a fauché impitoyablement dans les rangs de nos jeunes professeurs universitaires. Après Francis Pearce mort prématurément en Guinée, c'est Alfred Monnier, son successeur dans sa chaire, qui part au moment même où il avait acquis la plénitude de son talent et où il autorisait par ses travaux et son activité les meilleures espérances.

Alfred Monnier est né en 1874 à Nyon. Son père, Denis Monnier, le distingué professeur de Chimie analytique à l'Université, avait laissé une réputation dans cette discipline et son fils avait de qui tenir. Alfred Monnier fit ses études au collège de Genève ; il a laissé parmi ses camarades le souvenir d'un garçon fort intelligent, à l'esprit éveillé, joyeux compagnon d'ailleurs, ne manquant ni de finesse ni même d'une certaine causticité ; mais, au demeurant excellent ami, toujours prêt à rendre service et à payer de sa personne quand il fallait tirer d'affaire un camarade dans l'embarras. Au Gymnase, il fut un élève moyen ; ce n'était, en effet, pas le type d'un premier de classe ; il avait parfois l'humeur frondeuse et sa personnalité s'accommodait assez mal avec les cadres étroits fixés par un programme invariable. Néanmoins il subit avec succès ses examens de maturité et c'est à partir de ce moment qu'il prit véritablement son essor. Il avait un goût immodéré pour la chimie, tout en s'intéressant aux autres sciences auxquelles il consacrait parfois son temps. Mais il est incontestable que la chimie l'attirait particulièrement ; aussi, lorsqu'il entra à l'Université, sa voie était-elle toute trouvée et c'est sous la direction de son père, comme guide de ses premiers pas, qu'il commença les exercices pratiques et qu'il débuta dans l'étude de l'analyse.

La science ne l'occupait pas exclusivement ; de bonne heure Monnier avait montré des dispositions réelles pour la musique. Encouragé par Bergalone qui était un ami de la famille, il commença fort jeune le solfège et le violon et acquit rapidement une virtuosité qui lui permit, plus tard, de jouer dans les meilleurs orchestres. C'est pourquoi Monnier avait conservé à son maître une amitié et une reconnaissance profondes et la famille Bergalone fut pour lui en quelque sorte une seconde famille ; c'est certainement le coup que lui porta la nouvelle de la mort du Dr Bergalone, son frère de lait, qui fut en grande partie la cause de sa maladie et de son décès.

Après quelques années d'études universitaires, Monnier passa ses examens de baccalauréat ès sciences, puis devint assistant au laboratoire de chimie anlytique que dirigeait son père. Après la mort de celui-ci, en 1898, Monnier resta comme premier assistant dans le service de son successeur, le professeur Duparc ; déjà il se distinguait par une capacité pédagogique exceptionnelle et par une grande habileté dans l'expérimentation. C'est comme assistant qu'il écrivit, avec son professeur, M. Duparc, et son collègue Degrange, la première édition du *Traité de chimie analytique qualitative* qui parut en 1900 et qui eut trois éditions successives, la dernière en 1914 ; le succès de cet ouvrage, auquel Monnier avait largement participé, fut pour lui un stimulant. En 1903, il quittait l'Université, appelé au poste de professeur de chimie à l'Ecole d'horticulture de Châtelaine et à la direction du Laboratoire officiel d'essais et d'analyses agricoles du canton de Genève ; c'est en grande partie dans cette Institution que va désormais se développer son activité.

Son enseignement, dès le début, est solide, clair et original ; il sait intéresser ses élèves et leur communiquer l'enthousiasme qui l'anime. Son laboratoire est rapidement organisé et bientôt les analyses affluent de telle façon qu'il faut lui adjoindre un assistant sans lequel il ne peut venir à bout de l'énorme travail qui lui incombe. Il s'intéresse à notre agriculture, prend contact avec nos agriculteurs, s'occupe d'une série de questions vitales pour la prospérité agricole de notre canton et acquiert bientôt dans ce domaine une notoriété de bon aloi. On le consulte à chaque instant sur les modifications à introduire dans le cycle de nos cultures et lui, infatigable, donne toutes les indications nécessaires, entreprend des expériences pour résoudre les questions qui lui sont posées, lorsque les documents lui en font défaut. Malgré cela, il trouve moyen de travailler au point de vue scientifique et publie chaque année une série de mémoires dont plusieurs ont été fort remarqués. Il y a lieu de citer parmi ceux qui se rapportent plus spécialement à la chimie agricole, ses *essais sur les agents stimulants de la végétation*, ses *recherches sur l'influence du sel de manganèse sur le développement des végétaux*, ses *expériences sur l'accroissement des végétaux et l'absorption des substances minérales*, publiées

en collaboration avec le professeur Chodat et M. W. Deleano; puis ses nombreuses publications sur les engrais et leur action, notamment sur l'azotate de calcium, sur le sulfate de manganèse, sur la cyanamide, les nouveaux engrais azotés synthétiques, l'utilisation des gadoues, etc. La majorité de ses travaux a été publiée dans le *Journal d'Horticulture* ou les *Archives des sciences physiques et naturelles.* Monnier a résumé tous ceux sur la chimie agricole dans un petit ouvrage intitulé: *Principes de Chimie horticole.*

Les travaux de chimie agricole n'empêchaient pas Monnier de s'adonner à la chimie pure et c'est naturellement la chimie analytique qui faisait l'objet de ses préférences. Il travaillait en artiste, faisant ses réactions avec élégance et précision, imaginant des procédés d'identification nouveaux et dans les cas compliqués et difficiles, trouvant toujours la véritable solution. Le Prof. Duparc avait en Monnier une confiance absolue et motivée; il l'avait vu à l'œuvre; aussi, lorsque lui-même était appelé à trancher quelque question difficile, priait-il Monnier de répéter indépendamment ses expériences. Tel fut en particulier le cas pour la question brûlante de l'identification de la thuyone dans les liqueurs, au moment où furent, dans divers pays, promulguées les lois d'interdiction de l'absinthe. Monnier répéta indépendamment toutes les expériences qui avaient été faites par M. Duparc et les confirma. Le résultat de ce travail fut une note publiée, en collaboration, dans les *Annales de Chimie analytique* de Paris, qui fut la base de certaines dispositions prises par les différents gouvernements dans la législation concernant la prohibition de l'absinthe.

Parmi les travaux de chimie pure que l'on doit à Monnier, il convient de citer sa méthode d'analyse de la cyanamide, qui est devenue classique; ses procédés de dosage volumétrique avec le chlorure de titane comme indicateur, sont actuellement d'un emploi général; puis les recherches qu'il a publiées quelque temps avant sa mort sur l'identification des perchlorates et en général des persels et l'utilisation du bleu de méthylène dans ce but. Ce travail fut très remarqué; il valut à son auteur les félicitations de nos autorités fédérales compétentes. La question résolue par Monnier était en effet de première importance pour la sécurité dans la fabrication de certains explosifs. On sait que quelques explosions qui se sont produites au cours de la fabrication de la poudre noire, provenaient de traces de perchlorates qui se trouvaient incorporées au salpêtre et que l'on ne pouvait identifier. Monnier, par un procédé aussi élégant que rapide, est arrivé à identifier des traces infinitésimales de ce corps dangereux et sa méthode est appelée à devenir classique.

L'activité de Monnier dans l'enseignement universitaire date de 1906, époque à laquelle il s'inscrivit comme privat-docent de chimie agricole. Dès le début son cours fut fréquenté par un auditoire qui lui resta toujours fidèle et ce fut pour lui

un réel plaisir de compter dans cet auditoire un certain nombre d'élèves que rien n'obligeait à suivre son cours, à une époque où même les cours réglementaires sont souvent délaissés par les étudiants.

Il était d'ailleurs très aimé de ses élèves qui appréciaient son savoir et ses qualités de cœur. Tous se rappellent son activité comme Président de l'Association des anciens élèves du laboratoire de chimie analytique de l'Université. Il fut le grand organisateur des revues dont le public genevois se rappelle et qui contribuèrent à enrichir la caisse de secours de l'association qui, dans les périodes de crise que nous traversons, fut durement mise à l'épreuve. Monnier était l'âme de cette association, il s'y était dévoué entièrement, ne lui marchandant ni son temps ni ses efforts et, quand il s'agissait d'aider les jeunes élèves qui, ayant terminé leurs études, cherchaient une situation dans l'industrie, il n'épargnait aucune démarche et faisait pour eux ce qu'il n'aurait pas fait pour lui-même.

En 1911, il fut nommé professeur extraordinaire de Chimie appliquée aux gites métallifères et succéda à son collègue et ami Francis Pearce. Il donna régulièrement son enseignement qui portait soit sur la préparation des minerais, soit sur leur analyse technique, soit encore sur les explosifs de mine, sans cependant abandonner son cours de chimie agricole. C'est alors qu'il collabora à la seconde partie du *Traité de technique minéralogique et pétrographique* publié par M. le professeur Duparc.

Monnier avait organisé dans le laboratoire de Chimie analytique de l'Université des travaux pratiques d'analyse par voie sèche, qui furent fréquentés par de nombreux étudiants qui purent apprécier ses qualités d'expérimentateur et de chimiste.

Plusieurs de ses élèves lui demandèrent de diriger leurs travaux pendant les vacances et Monnier les acceptait toujours dans son laboratoire de Châtelaine, où ils avaient l'occasion d'apprendre bien des choses nouvelles pour eux sous la conduite du maître documenté et toujours bienveillant.

Monnier est mort en pleine activité ; rien ne pouvait faire soupçonner cette fin rapide ; il faisait quelques jours avant sa mort des projets pour entreprendre de nouveaux travaux et bien qu'il parût fatigué depuis quelque temps, il ne se sentait pas malade. La nouvelle de la mort presque subite de son ami le docteur Bergalone l'impressionna très fortement et le lendemain il s'alitait pour ne plus se relever.

Le décès de Monnier laisse un vide qui ne sera pas aisément comblé ; indépendamment de ses qualités de cœur qui lui ont fait tant d'amis, Monnier était une valeur scientifique. Ses facultés l'appelaient à un brillant avenir ; fils d'un chimiste réputé, il était lui-même chimiste de talent ; ses idées étaient justes et fécondes et

il est parti au moment même où il pouvait rendre les meilleurs services à la science et à son pays.

Tous ceux qui l'ont connu rendront hommage à sa mémoire et son exemple sera cité comme celui d'un savant capable et modeste dont notre Université et notre Société garderont le meilleur souvenir.

EDOUARD SARASIN

(1843-1917)

Celui dont le nom vient d'être prononcé, un Genevois de vieille roche, a joué dans son pays un grand rôle comme patriote et comme homme de science.

Né le 20 mai 1843, Ed. Sarasin descendait d'une famille noble française, réfugiée à Genève au XVIme siècle, qui a produit un grand nombre d'hommes distingués.

Après avoir suivi l'Institut Rochette, puis le Gymnase, Ed. Sarasin entra à l'Académie et alla ensuite compléter ses études universitaires à Paris comme externe à l'Ecole polytechnique, où il eut le privilège d'avoir comme maitres Regnault, Bravais et Delaunay ; ensuite il se rendit aux Universités de Heidelberg et de Berlin, où il reçut les leçons de Bunsen et se lia avec le physicien Magnus, pour lequel il avait une sincère admiration.

A Genève, ses maitres furent J. L. Soret et surtout Aug. de la Rive.

Ed. Sarasin a étendu son activité dans une quantité de domaines les plus divers, associant à ses goûts passionnés pour la physique et la mécanique, l'amour de son pays, l'affection des siens et un dévouement ardent aux œuvres de développement artistique, littéraire et moral.

Sa belle propriété du Grand-Saconnex, pour laquelle il avait une grande affection, fut le point de départ de sa carrière politique ; la Société des Instruments de Physique et de Mécanique, à laquelle il voua son activité durant toute sa vie, fut le début de sa carrière scientifique.

Ed. Sarasin venait de rentrer à Genève, en 1867, ses études terminées, lorsque Auguste de la Rive lui proposa de l'associer aux recherches qu'il poursuivait dans son modeste laboratoire de la rue de l'Hôtel de ville ; et c'est sous la conduite de ce maître éminent, qui avait reconnu dans le jeune physicien une sérieuse aptitude scientifique, qu'il fit ses premiers pas dans la science expérimentale.

Cependant, à cette époque, on était loin de connaitre les progrès de l'outillage,

dont le perfectionnement, de nos jours, est le plus précieux auxiliaire du travail scientifique. Mais, Sarasin, qui se révèle observateur habile et expérimentateur adroit, ne semble nullement arrêté par cela dans ses premières recherches. Celles-ci portent sur *la décharge électrique dans les gaz raréfiés* et leurs résultats donnent déjà une idée de la patience de leur auteur.

On sait qu'Auguste de la Rive s'était intéressé tout particulièrement à cette catégorie de phénomènes et que les mouvements pris par ces décharges, sous l'action d'un aimant, lui avaient permis de donner une explication très plausible du mouvement des aurores boréales. Ed. Sarasin avait été initié à ces curieux phénomènes par l'éminent professeur et consacra deux années à ces délicates questions.

C'est alors que fut fondée la Société genevoise des Instruments de Physique et de Mécanique; Sarasin, qui était un des mieux placés pour s'intéresser à la question du développement et du perfectionnement de l'outillage de précision, en fut l'un des fondateurs, en 1867, et appartint jusqu'à sa mort à son conseil d'administration, qu'il présida depuis 1902. D'autres physiciens genevois du reste s'étaient occupés de cette société; c'étaient Louis Soret, L. de la Rive, Adolphe Perrot; le jeune physicien trouve au milieu d'eux un appui excellent dans la direction de ses travaux; ensemble, ils aménagent un laboratoire à la rue Dufour, tout proche du bâtiment de la Société des Instruments de Physique, et c'est là que s'écoulent désormais de longues heures laborieuses de recherches, qui sont la source de toute une série de travaux d'Ed. Sarasin, notamment sur les ondes hertziennes, à l'étude desquelles il s'associe avec Lucien de la Rive.

Henri Hertz, le jeune et génial physicien de Bonn, venait de démontrer en 1889 que les perturbations électromagnétiques se propagent avec la même vitesse que la lumière. Frappés de l'importance de cette constatation, les deux physiciens genevois décidèrent de reprendre ces recherches et, après avoir répété les expériences du savant allemand, ils furent amenés à la découverte de faits nouveaux et importants, parmi lesquels le plus remarquable est ce qu'ils appelèrent la *résonance multiple,* un phénomène caractéristique des ondes électromagnétiques et des ondes de la télégraphie sans fil qui en sont un cas particulier. En 1893, ces recherches, qui demandaient à être vérifiées sur une beaucoup plus grande échelle, purent être poursuivies au Bâtiment des Forces motrices de la Coulouvrenière. De tous les travaux d'Ed. Sarasin, c'est celui-là qui a le plus contribué à fixer son nom à la postérité.

Les années de travail écoulées au laboratoire de la rue du Four furent des plus fécondes pour la science. Sarasin y collabora aussi avec Louis Soret à des recherches d'optique dont les résultats figurent encore, bien qu'ils soient vieux de 40 ans, en première ligne dans les manuels de physique.

Plus tard, le laboratoire de la rue du Four ayant été démoli pour faire place à d'autres constructions, Sarasin s'en organise un dans les bâtiments mêmes de la Société des Instruments de Physique et nous l'y trouvons avec deux collaborateurs de mérite, MM. Th. Tommasina et Jules Micheli, étudiant principalement *les phénomènes de radioactivité induite*, découverte par MM. Elster et Geitel, et qui les amenèrent à constater entr'autres propriétés intéressantes un phénomène semblable à l'effet Volta.

L'activité qu'Edouard Sarasin a vouée à la Société des Instruments de Physique est grande, tant comme administrateur que comme homme de science ; il lui consacra le plus grand dévouement et lui apporta sans cesse son souci d'intégrité et d'équité, s'efforçant, surtout dans la suite lorsque la concurrence poussa la société à la fabrication d'objets de second ordre, à maintenir son renom de précision. Une de ses dernières sorties, avant sa mort, avait été pour se rendre à son Conseil d'administration.

Ses recherches sur les gaz raréfiés, ainsi que ses rapports avec les maîtres de la science genevoise à cette époque, amenèrent Sarasin à la Société de Physique et d'Histoire naturelle où il a joué, durant toute sa vie, un rôle aussi sympathique qu'actif. Reçu membre vers 1868, il fut toujours un des plus assidus aux séances, fonctionna comme secrétaire pendant 22 ans, de 1869 à 1890, apportant à cette charge le même zèle, la même attention, la même précision qu'il vouait à tout ce dont il s'occupait ; il fut président en 1892.

Les travaux qu'il a présentés aux séances de la Société de Physique sont très nombreux. Les premiers, ceux relatifs à *la décharge électrique dans les gaz raréfiés*, furent suivis de la publication d'importantes études, en collaboration avec J. L. Soret, sur *le spectre d'absorption de l'eau* et sur *l'indice de réfraction de l'eau de mer*. Ce sont du reste ces dernières recherches qui orientèrent notre éminent collègue dans une voie où il devait acquérir une grande notoriété.

Vers 1884, la Société de Physique et d'Histoire naturelle ayant institué une commission pour l'étude de la transparence de l'eau du Lac Léman, Ed. Sarasin en fit partie avec H. Fol. Ces deux savants commencèrent par déterminer dans le grand lac, en avant d'Evian, la limite de la profondeur de la pénétration de la lumière, au moyen d'un appareil spécial, imaginé par eux, composé d'une boite métallique dans laquelle la plaque, en gélatino-bromure rapide, était soustraite à la lumière durant sa descente et automatiquement exposée à la profondeur voulue. Des résultats très précis furent ainsi obtenus. Plus tard, le physicien et le zoologiste se rendirent à Villefranche où un aviso de la marine française ayant été mis à leur disposition, ils purent poursuivre leurs expériences dans les meilleures conditions possibles.

Les résultats de ces recherches furent exposés à la Société de Physique et d'Histoire naturelle et publiés dans ses Mémoires. Ils montrèrent nettement qu'au delà d'une profondeur de 400 mètres, dans la Méditerranée, la pénétration de la lumière pouvait être considérée comme nulle, tandis que c'est déjà à partir de 200 mètres que l'éclairement commence à faire défaut dans le Léman.

Parmi lest ravaux présentés à nos séances, il convient de mentionner encore celui que Sarasin poursuivit en 1894 en collaboration avec le Prof. Kr. Birkeland, un de nos membres honoraires les plus autorisés, qui précéda notre collègue de quelques jours seulement dans la tombe; ces recherches avaient porté sur *la réflexion de l'onde électrique au bout d'un fil qui se termine par une plaque métallique* et firent également l'objet d'une note insérée dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.

Ensuite, il s'occupe de la *radioactivité de l'air qui s'échappe des puits souffleurs* et qu'il étudie au Grand-Saconnex, dans un lit de gravier se trouvant dans le sous-sol de l'un de ses champs; ces observations montrèrent que l'air sortant du puits est notablement plus radioactif que l'air au-dessus du sol. Dans ce domaine on lui doit encore, avec MM. le professeur C. E. Guye et J. Micheli, l'étude de la radioactivité des eaux de Lavey-les-Bains, qui ont été trouvées radioactives dans une proportion importante. C'est à cette époque encore que notre Société eut l'honneur d'entendre une très intéressante communication de L. de la Rive et d'Edouard Sarasin sur leurs expériences relatives aux *interférences des ondulations électriques par réflexion normale sur une paroi métallique*, et, plus récemment, les travaux de notre collègue avec M. Tommasina sur *quelques faits nouveaux en radioactivité induite.* Enfin nous lui devons la publication de recherches personnelles sur *la conductibilité de l'air atmosphérique* et sur *la télégraphie sans fil.*

Sarasin laisse dans notre Société un grand, un pénétrant souvenir; il fut un collègue toujours aimable. Conservateur absolu des anciennes traditions de la Société de Physique, auxquelles il estimait qu'elle devait sa force et son importance dans le monde de la science, il se prêtait à contre cœur aux innovations, mais il savait les accepter en homme qui reconnait le mérite des autres. Sa parole était toujours écoutée et lorsqu'il prenait part à une discussion, c'était avec modération et dans un esprit de conciliation, qui lui permit d'aplanir parfois des difficultés et lui valut l'amitié de chacun de ses collègues. S'intéressant également aux autres communications que celles ayant trait à la physique, il ne manquait pas, le cas échéant, de présenter un rapport sur chaque sujet qu'il estimait devoir intéresser la Société. Aux jeunes, débutant dans la carrière scientifique, il ne ménageait pas ses encouragements, se montrant pour eux accueillant et sympathique, toujours prêt à donner un conseil, à montrer la bonne voie à suivre. Avec les autres, dont la

carrière était faite, il entretenait les relations les plus amicales. Sa place au milieu de nous restera toujours empreinte du meilleur souvenir.

Le nom d'Ed. Sarasin restera longtemps attaché à celui de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, non seulement du fait des six années pendant lesquelles il assuma la charge astreignante de la présidence du Comité central, que par son assiduité aux Sessions annuelles. Avec son ami F. Forel, avec Th. Studer, Hagenbach-Bischoff, il était une des physionomies habituelles et des plus sympathiques de ces réunions. Il en fit partie dès 1865 et représenta plusieurs fois notre Société à l'assemblée des délégués; souvent il y fut appelé à la présidence de la section de physique, où il fit part du résultat de plusieurs de ses travaux, notamment, avec J.-L. Soret, sur la *polarisation rotatoire du quartz*, qui constitue encore à l'heure actuelle la détermination la plus importante et la plus parfaite de cette curieuse propriété des cristaux de quartz; sur les *indices de réfraction du spath d'Islande*, sur *la transparence de l'eau*, sur des *expériences faites à l'aide de l'électroscope à aspiration d'Ebert*, ainsi que plusieurs autres encore.

La Société Helvétique l'appela à la présidence de la session de 1904 qui eut lieu à Genève. Chacun de nous se souvient encore de la belle réussite de cette réunion et de la charmante réception qu'il offrit à cette occasion dans sa belle propriété du Grand-Saconnex, entouré de sa famille et aimablement secondé par Madame Sarasin.

Le discours présidentiel du savant physicien genevois avait porté sur ses travaux relatifs à l'étude du phénomène des seiches, ces oscillations si curieuses qui se manifestent sur la plupart de nos lacs. A l'exemple des anciens physiciens de notre cité, Sarasin s'était passionné pour toutes les questions qui touchent à la géophysique de notre beau pays, et c'est dès 1879 qu'il collabora avec F. Forel et Ph. Plantamour à l'étude de ce phénomène des seiches; il avait imaginé un limnimètre transportable qui permit d'enregistrer ces ondes sur un grand nombre de lacs. Avec Ph. Plantamour il étudia d'abord ces oscillations à Sécheron; ensuite, sur le bras transversal que forme le lac de Lucerne entre Stansstad et Kussnacht, le phénomène des seiches fut étudié au moyen de l'appareil portatif, montrant ainsi que cette partie du lac oscillait pour son propre compte comme un bassin secondaire; il compléta plus tard ses recherches à La Tour-de-Peilz dans une propriété appartenant à sa mère, puis à Neuchâtel et à Yverdon. Les travaux effectués par Forel et Sarasin sur les seiches eurent d'ailleurs l'honneur de faire l'objet d'un rapport au Congrès international de Physique de 1900, et le limnimètre imaginé par Sarasin fut adopté par l'Académie de Bavière et la Société de Physique italienne pour l'étude des seiches des lacs allemands et italiens.

En 1911, le siège de la Société Helvétique passa de Bâle à Genève; avec le

professeur Chodat comme vice-président et le professeur Ph.-A. Guye comme secrétaire, Ed. Sarasin fut nommé président du Comité central jusqu'en 1916. La Société Helvétique venait de créer l'institution de son Sénat, que le nouveau président eut à diriger dès le début, et dont il rédigea chaque année, durant sa présidence, les rapports et les procès-verbaux des séances. Comprenant combien l'organisation de la Société Helvétique et son développement étaient importants pour l'avenir scientifique de notre pays, il consacra le meilleur de ses forces au Comité central où, bien qu'admirablement secondé par ses collaborateurs, il exerça dans plusieurs circonstances une action personnelle opportune par son esprit de modération et d'impartialité.

Nous devons maintenant relater une des belles pages de la vie d'Ed. Sarasin; c'est celle qu'il a consacrée à la Direction des Archives des Sciences physiques et naturelles. Comme directeur de cette publication, il a exercé sur la science en Suisse et à l'étranger une grande influence. On sait avec quelle activité, quel désintéressement, quelle aimable courtoisie, jointe à des relations scientifiques étendues, il savait obtenir la collaboration de physiciens éminents, tels que Hertz, Poincaré, Einstein, Curie, Ramsay, Spring et de tant d'autres. Appelé à la direction du périodique en 1890, après la mort de son prédécesseur J.-L. Soret, il lui a consacré le meilleur de son temps; il fut, on peut le dire, l'âme très vivante des Archives, qui lui doivent en grande partie le renom dont elles jouissent en Suisse et à l'étranger, ainsi que de leur Comité de rédaction, au sein duquel il était très aimé et écouté.

Sarasin a publié la majeure partie de ses travaux dans les Archives, après en avoir préalablement communiqué les résultats aux diverses Sociétés auxquelles il a surtout voué son assiduité. Nous avons déjà relaté la plupart d'entre eux en parlant du rôle qu'il a joué dans ces Sociétés; aussi ne reviendrons-nous pas à leur sujet. Nous nous bornerons à rappeler que les mémoires qu'il a signés ont largement fait connaître son nom comme celui d'un physicien de mérite. Il fut encore l'auteur d'une remarquable notice sur *la vie et les travaux d'Henri-Gustave Magnus.*

Le périodique des Archives, qui a acquis depuis 120 années dans la littérature scientifique européenne la place en vue que l'on sait, évoque le souvenir touchant de la collaboration qu'apporta à son mari l'épouse dévouée et intelligente qu'était M[me] Edouard Sarasin. En maintes occasions et notamment dans l'établissement des tables, elle s'associa de tout son cœur à l'œuvre considérable de la direction de cette publication. Tyndall écrivait à quel point il avait été flatté d'avoir eu Madame Sarasin comme traducteur et chaque savant dont les relations avec son mari l'amenaient au Grand-Saconnex, ne pouvait que se louer de l'accueil aimable quoique simple qu'elle leur faisait.

A cette époque, malgré le don remarquable qu'il possédait pour organiser son travail et répartir l'emploi de sa journée, Sarasin, dont le temps devenait trop limité entre ses occupations scientifiques et ses devoirs de magistrat, trouva auprès de son épouse, non seulement une aide précieuse, sans laquelle il n'aurait pas toujours pu faire face aux exigences multiples de sa carrière, mais encore un soutien moral, une grande joie, dont il se montra constamment reconnaissant. Le départ de cette compagne dévouée, quelques semaines avant lui, devait porter à sa santé déjà ébranlée par une vie chargée et bien remplie, un coup fatal.

En dehors de ses recherches et de ses travaux scientifiques, Ed. Sarasin a mis largement son activité et son intelligence au service de la chose publique.

Dès son retour à Genève, suivi de près de son mariage, nous le trouvons faisant partie du Conseil municipal du Grand-Saconnex ; peu après, le 20 octobre 1871, ses électeurs l'appellent à la Mairie, qu'il devait diriger pendant 45 ans, avec un inlassable dévouement. Mis aux prises, dès le début de sa magistrature avec les luttes confessionnelles, il s'employa de toutes ses forces à apaiser le conflit. Et ce protestant ardent, qui affirmait avec force ses convictions, sut si bien se faire aimer de ses administrés, sans distinction de confession, qu'il présida pendant près d'un demi-siècle aux destinées d'une commune catholique. Les Genevois se souviennent encore de quelle touchante cérémonie et de quelle expression de reconnaissance venant de toutes parts, fut accompagnée sa démission, il y a un peu plus d'une année.

Pendant près de 25 ans, entre 1878 et 1916, Ed. Sarasin a siégé au Grand Conseil. Député très assidu, mais non polémiste, pratiquant la seule politique d'un homme profondément attaché à son pays et à ses institutions, prenant un vif intérêt aux débats, ses avis et ses conseils étaient écoutés avec déférence par ses collègues. Il fut l'auteur du projet de loi constitutionnelle créant le referendum communal, qu'il eut beaucoup de peine à faire triompher contre une forte opposition, mais que personne aujourd'hui ne songerait à critiquer.

Cependant, il connut au Grand Conseil une grosse déception. Elevé dans l'atmosphère des traditions genevoises protestantes, unissant dans son amour l'Eglise et la Patrie, la séparation de l'Eglise et de l'Etat fut pour lui un douloureux épisode de l'histoire de notre Cité. De toute sa ferveur, il n'avait cessé de protester contre la suppression du budget des cultes.

Ed. Sarasin s'est encore occupé activement de l'administration du *Journal de Genève*, au comité duquel il appartint pendant une quarantaine d'années et qu'il présida vers 1878. Il prit également une part active à l'organisation de l'Exposition nationale suisse de Genève de 1896, dont il fut membre du Comité central et président très actif du comité du groupe 24 de l'Art moderne. Il avait du reste hérité de son grand-père, le syndic Rigaud, un goût prononcé pour les Arts qu'il

cultiva durant son séjour d'étudiant en Allemagne et qui l'amena plus tard à fréquenter l'Athénée, où il se liait avec Lugardon et d'autres. Il faisait partie de la Classe des Beaux-Arts.

Au militaire, ses goûts scientifiques le poussèrent vers le Génie, où il fut capitaine. Le général Dufour venait à cette époque d'instituer le corps spécial désigné sous le nom d' « Etat-Major du Génie » et le physicien de Genève y fut incorporé jusqu'à la dissolution de ce corps; après quoi il reprit le commandement de son unité.

La gloire de Genève, cette république intellectuelle comme on l'a dit souvent, a été établie, dans le domaine scientifique, autant par ceux de nos savants qui ont travaillé en dehors de notre Université que par ceux qui y ont professé. Sarasin fut certainement un des représentants les plus autorisés de cette science extérieure à notre *Alma mater;* mais cela ne l'a pas empêché de lui être particulièrement dévoué, ainsi qu'à sa Faculté des Sciences où il comptait de nombreux amis. Très attaché aux anciennes traditions qui ont fait la force de notre Cité, et ayant à cœur leur prospérité toujours croissante, il voua aux études supérieures tout son intérêt et une bonne partie de son temps. C'est pour reconnaître ces services et pour rendre hommage au mérite scientifique de ce savant que l'Université de Genève lui décernait en 1909, à l'occasion du Jubilé universitaire, le diplôme de Docteur ès-sciences *honoris causa.*

Sarasin s'occupa activement encore de plusieurs institutions locales et parmi celles d'encouragement aux Arts, aux Lettres et aux Sciences, deux sociétés genevoises ont tout particulièrement à se louer de son appui et de son activité.

C'est d'abord la Société auxiliaire des Arts et des Sciences, dont il fut membre fondateur en 1888 et dont il fut président à maintes reprises.

C'est ensuite la Société Académique de Genève. Fondée en 1888 par un comité d'initiative composé d'étudiants, sous la présidence de M. Charles Borgeaud, la Société Académique, bien qu'accueillie favorablement dans le public, se trouva placée dès l'origine dans une situation délicate, quant à ses rapports avec le Département de l'Instruction publique et le Corps enseignant universitaire. Pour diriger cette Institution à ses débuts un homme de valeur était nécessaire et le comité d'initiative, heureusement inspiré, n'hésita pas à en confier la présidence pendant la première année à Ed. Sarasin. Il s'acquitta de sa tâche avec tact et avec toute la conscience qu'il vouait aux choses qu'il prenait en mains, apportant à l'organisation première de la Société les fruits de son expérience administrative. Il resta 18 années dans le comité, qu'il présida encore en 1902-1903.

Celui qui écrit ces lignes et qui eut tout particulièrement à travailler avec Sarasin pendant cette seconde année de présidence, garde de ce savant un souvenir ému. Bien qu'il fût très minutieux jusque dans les plus petits détails, remontant

dans chaque question jusqu'aux sources originelles, c'était toujours un plaisir de se trouver sous ses ordres et il n'est personne qui eut jamais à regretter d'être en rapport avec lui. La Société Académique doit à Ed. Sarasin une bonne partie de son importance d'aujourd'hui.

Sarasin était le type de l'ancien Genevois tel que l'a décrit Philippe Monnier : ardent patriote, aimant son pays, maire de son village, s'intéressant à la campagne et à ses habitants, à son domaine, homme de science en rapports suivis avec les savants de son pays et de l'étranger; excellent cœur, attirant à lui l'amitié et la confiance, se montrant aimable avec chacun, il cherchait avant toute chose à contenter tout le monde. C'est un beau et noble caractère qui nous a quittés.

Il laisse à ses enfants et petits-enfants qu'il chérissait, comme à tous, un lumineux exemple de vie consacrée au bien de ses semblables et au travail. Sa science et son savoir restent vivants au milieu de nous en la personne de son fils, notre collègue Ch. Sarasin; qu'il veuille bien recevoir ici l'expression de notre profonde sympathie.

EMILE FREY-GESSNER

(1826-1917)

Depuis un demi-siècle, la plupart des Genevois qui se sont intéressés aux Insectes, tant en amateurs qu'en entomologistes de science, ont connu, aimé et apprécié Emile Frey-Gessner, et plus d'un parmi ceux qui allaient journellement à l'Université ou à la Bibliothèque publique, ou qui simplement se promenaient aux Bastions, se souviennent d'avoir aperçu à la fenêtre de son laboratoire au Museum d'Histoire naturelle l'aimable physionomie de cet entomologiste distingué, absorbé dans ses travaux.

E. Frey-Gessner est né à Aarau le 19 mars 1826. Son père était le colonel Fred. Frey-Hérosée qui devint plus tard conseiller fédéral. Tout en poursuivant ses études primaires, le jeune Frey occupe déjà ses loisirs à rassembler des collections d'histoire naturelle, principalement d'Insectes, qu'il apprend ainsi à connaître de bonne heure. Entré plus tard dans la section réale du collège d'Aarau, il y étudie la mécanique, sans pour cela que sa passion pour les sciences naturelles en soit diminuée, puis il entre comme apprenti, et ensuite comme volontaire, dans la maison Escher-Wyss & Cie à Zurich, où il resta 3 ans.

C'est à cette époque qu'éclata la guerre du Sonderbund. Frey-Hérosée est colonel, chef d'état-major ; Emile Frey est lui-même capitaine et devient adjudant de son père pendant la durée de cette période troublée, mais heureusement de courte durée, de notre histoire nationale. Ayant été camarade du général Herzog, il poursuivit dans la suite sa carrière militaire jusqu'au grade de lieutenant-colonel.

Après la guerre, le père du jeune entomologiste ayant été nommé Conseiller fédéral, la famille vint s'établir à Berne, tandis que Frey-Gessner entreprenait en France, en Angleterre et en Ecosse un voyage d'une année. Puis, de retour en 1858, nous le retrouvons à Aarau comme directeur technique d'une filature de coton appartenant à son oncle et où il travaille durant une quinzaine d'années.

Bien qu'occupé toute la journée de ses fonctions de directeur, il ne négligea pas pour cela l'histoire naturelle. Très actif et grand travailleur, il avait amassé par voie d'échange et d'achat une très belle collection d'Insectes, tant exotiques qu'indigènes, contenant quantité d'espèces rares et de cotypes, qui lui ouvrit le chemin de la carrière scientifique où il devait désormais se placer en bon rang. En effet, cette collection, que l'on venait souvent consulter, fut le noyau de relations étendues avec des entomologistes éminents, tels que Pictet de la Rive et Henri de Saussure.

Cependant la carrière technique et industrielle était loin de satisfaire Frey-Gessner dont les goûts pour l'histoire naturelle devenaient toujours plus ardents. Amateur passionné des Alpes, des courses de montagne, membre très actif du Club alpin avec lequel il franchit la plupart des passages des glaciers valaisans, toute son âme le pousse au culte de la nature et c'est pour lui un regret de ne pouvoir, faute de liberté, récolter lui-même les Insectes, les étudier sur place dans les diverses manifestations de leur vie si captivante.

Sur ces entrefaites, en 1865, un incendie détruisit la maison paternelle ainsi que la belle collection, fruit de tant de patience et de labeur. Frey se décida alors à quitter l'industrie. Après quelque temps passé à Zurich, au Polytechnicum, où il a comme professeur Oswald Heer, Arnold Escher de la Linth, Heinrich Frey, l'auteur des *Lépidoptères de la Suisse*, tous hommes de mérite, il se voue durant six années à l'enseignement secondaire, à Seeingen, à Lenzbourg, puis à Brugg où il rendit de grands services.

Ce fut alors pour lui une joie sans pareille que de se sentir maître de soi-même pendant ses vacances, de pouvoir s'adonner complètement à ses goûts, fréquenter les réunions d'entomologistes où il complète ses connaissances et communique les résultats de ses recherches, entreprendre des courses et des chasses. C'est surtout dans les Grisons et le Tessin qu'il se rend de préférence ; il y poursuit avec assiduité des études faunistiques et fait d'intéressantes observations sur les mœurs

des Insectes. Ce sont les Hémiptères qui éveillent en premier lieu son intérêt. On lui doit du reste plusieurs notes sur des matériaux concernant cet ordre, récoltés dans le Tessin et la Haute-Engadine, ainsi qu'une esquisse d'un catalogue des Hémiptères du Haut-Valais et des Grisons.

Mais Frey-Gessner ne se contenta pas de collectionner et d'observer; il publia d'autres travaux qui le firent remarquer. Ce fut alors, en 1872, qu'Henri de Saussure l'appela à Genève. Le Conseil administratif venait de faire construire, aux Bastions, le nouveau Museum d'Histoire naturelle et Frey-Gessner fut nommé conservateur de la section d'Entomologie dans ce Musée. Ainsi se réalisait un de ses vœux de pouvoir consacrer sa vie au milieu de vastes et belles collections d'Insectes et d'y trouver les éléments capables de satisfaire ses aspirations de recherches et de travail.

C'est à Genève, en s'occupant des collections de Henri de Saussure, que Frey prit goût aux Orthoptères et aux Hyménoptères dont le savant Genevois s'était fait une spécialité; il se mit alors activement à l'étude de ces deux ordres, principalement du point de vue de la répartition géographique concernant la faune paléarctique et celle de la Suisse. Les Orthoptères de l'Argovie et du Valais firent l'objet de deux mémoires et ceux des Pays Balkaniques et de la Province d'Oran de diverses notes.

Mais ce sont surtout ses travaux sur les Hyménoptères qui appelèrent l'attention des entomologistes.

Encouragé par Henri de Saussure, Frey-Gessner entreprit en 1876 un voyage en Sicile. La faune entomologique de ce pays, excessivement riche et dont il rapporta un abondant matériel, le surprit par ses affinités avec celle du Tessin et du Valais. Les vallées de nos Alpes, surtout celles qui sont orientées dans la direction du levant au couchant, dont les vastes escarpements rocheux, exposés toute la journée au soleil, sont des condensateurs de chaleur, offrent un climat qui sous bien des rapports imite celui des régions méridionales de l'Europe. C'est pourquoi la flore et la faune des Alpes suisses ont pris un aspect particulier méditerranéen que Frey ne tarda pas à remarquer, pour ce qui est des Hyménoptères, et que d'autres observèrent après lui pour les autres classes d'Arthropodes. Ses travaux, dans cette étude comparative des Insectes de Sicile avec ceux du Valais et du Tessin, sont parmi les plus remarqués; et tous ceux qui s'intéressent à cette question de l'élément méditerranéen dans la faune suisse sauront gré à cet auteur de l'avoir approfondie. Frey fut ainsi amené à la Société Murithienne où, membre assidu et zélé, il se fit un grand nombre d'amis.

Son activité scientifique s'est principalement portée à la Société Entomologique suisse dont il fut un membre très actif et au Comité de laquelle il appartint depuis

1889. Il fut nommé président d'honneur en 1907. Cependant, depuis trois ou quatre ans, il avait dû, pour raison de santé, renoncer bien à regret à prendre part aux assemblées et aux courses de la Société.

Dans ses travaux sur les Hyménoptères, Frey a poussé aussi loin que possible l'étude de la répartition géographique des espèces et de leur variation. Une partie des matériaux qu'il rapportait de ses vacances a servi et servira encore de base à ses collègues de la Société Entomologique suisse pour la réalisation de l'œuvre éminemment utile, la *Fauna insectorum Helvetiae*, que publie actuellement cette société. Frey se chargea dès 1898 des Apides et c'est à ce groupe qu'il consacra les 25 dernières années de son activité scientifique.

Les 454 espèces et 52 variétés d'Abeilles qui habitent la Suisse ont été décrites avec soin, notamment au moyen de tableaux synoptiques. En outre, les deux volumes dont se composent les *Apidae Helvetiae* contiennent une foule de notices concernant la variation des espèces ainsi que leur biologie, l'époque du vol, les plantes sur lesquelles elles butinent. L'auteur connaissait du reste très bien la flore des Alpes. La grande exactitude de toutes les données de cet ouvrage le place au premier rang de ceux relatifs à la faunistique comparée.

Bien avant lui, d'ailleurs, Jurine et Imhof, dont les travaux sont devenus classiques, s'étaient occupés de la faune des Hyménoptères de la Suisse et c'est encore un mérite de Frey, que de s'être chargé du travail aussi utile qu'ingrat de la révision de leurs types.

Frey-Gessner a fourni encore une importante contribution à la *Fauna insectorum Helvetiae* sur les Guêpes dorées, les Chrysidides, ces Hyménoptères parasites à la connaissance desquels il a apporté toute une série d'observations inédites concernant leur distribution et leurs mœurs.

Les Bulletins de la Société Murithienne et de la Société Entomologique suisse ont en outre publié plusieurs notes de Frey-Gessner sur les Bourdons alpestres, dont la grande variation rend très difficile la distinction des espèces. La collection de Bourdons qu'il avait rassemblée et qu'il a donnée au Museum est souvent consultée par les hyménoptérologues de passage à Genève.

On lui doit encore une importante étude sur les mâles des *Anthrena*, sur les Dermestes, sur la nidification et les mœurs de *Chalicodoma muraria*, ainsi que de nombreuses observations sur les Lépidoptères, les Orthoptères et les Diptères. Le Bulletin de la Société Entomologiste suisse a encore publié de lui une notice nécrologique sur W.-Gustave Stierlin.

Frey consacra plus de quarante années de son activité à notre Museum d'histoire naturelle, auquel il rendit de grands services, notamment dans le classement définitif des Hyménoptères et le classement provisoire des autres groupes. Il y a

peu de temps, le Directeur et le personnel de cet établissement, ainsi qu'une délégation de la Société Entomologique suisse, s'étaient associés d'une manière tout intime et pleine de sympathie à l'anniversaire de ses 90 ans. Notre Société s'y était associée à son tour par l'envoi d'une adresse. Très connu en Suisse et à l'étranger, c'est à lui qu'on s'adressait pour la détermination de spécimens et la façon à la fois aimable et complaisante avec laquelle il s'acquittait de ce travail lui valut quantités de relations dans le monde scientifique. C'est ainsi qu'il devint membre honoraire de la Société Entomologique de Londres. Sa valeur comme entomologiste était notoire. C'est pour la reconnaître, ainsi qu'en égard des services qu'il rendit à la science, que l'Université de Genève, à l'occasion du Jubilé de 1909, lui avait décerné le diplôme de Docteur ès sciences *honoris causa*.

Frey est entré à la Société de Physique et d'Histoire naturelle en 1895, d'abord comme associé libre, puis plus tard, en 1901, comme membre ordinaire. Il n'eut pas l'occasion de présenter de ses travaux à notre société, mais il lui a rendu, plusieurs années durant, le service d'assurer la réception, l'inscription et la répartition à la Bibliothèque publique, de nos publications d'échange. Il s'acquitta de ce travail méticuleux avec toute la précision et la conscience désirables.

Il fut encore membre de la Société Helvétique des Sciences Naturelles depuis 1851.

Ce savant a créé une école d'entomologistes; il forma une nombreuse phalange d'élèves qui étaient devenus ses amis. Sa mort laisse un grand vide parmi eux, mais son souvenir restera impérissable dans leurs cœurs.

KR. BIRKELAND

(1867-1917)

Kr. Birkeland, Professeur de Physique à l'Université de Christiania, est décédé à Tokio le 18 juin 1917 à l'âge de 50 ans. Il était surtout connu dans le grand public par l'invention, en collaboration avec Eyde, d'un procédé pour la fixation de l'azote atmosphérique au moyen de l'arc électrique. Son système repose sur l'emploi du courant alternatif et d'électrodes creuses en cuivre, refroidies par un courant d'eau et placées dans un champ magnétique. Quand on fait passer le courant, on obtient un arc en forme de disque dont le diamètre peut atteindre

jusqu'à trois mètres pour une puissance de 1000 kilowatts et au travers duquel on fait passer l'air à traiter.

Mais, à côté de ces travaux de science appliquée, Birkeland laisse une œuvre importante en Physique et en Météorologie. Après avoir fréquenté l'Université de Christiania, il vint compléter ses études à Paris, où il suivit en particulier les cours de H. Poincaré, et à Bonn, où il travailla au Laboratoire de Hertz. Il entra alors en relations avec notre regretté collègue Ed. Sarasin, avec lequel il collabora dans des recherches sur la *réflexion de l'onde électrique à l'extrémité d'un fil conducteur.*

Ensuite ses recherches s'orientèrent vers les rayons cathodiques et l'influence qu'exercent sur eux les forces magnétiques. Les phénomènes du magnétisme terrestre et des aurores boréales attirèrent alors son attention, et il prit une grande part à l'installation d'observatoires magnétiques spéciaux, dans les régions arctiques, à partir de l'année 1900. Il a consigné la plupart des résultats qui y ont été obtenus dans deux gros volumes en anglais : *The Norvegian Aurora polaris Expedition, 1902-1903.*

Pour expliquer les phénomènes observés, Birkeland ne craignit pas d'édifier des théories souvent hardies sur la production de l'aurore boréale et des orages magnétiques, la constitution interne du soleil et la nature des taches solaires, le soleil envisagé comme aimant et comme source d'électricité. Pour appuyer ses déductions, il entreprit des expériences de grande envergure, que lui permettaient d'ailleurs ses ressources personnelles, comme celles qu'il a effectuées sur un globe magnétisé (terella), placé dans un vide élevé, sur lequel il dirigeait des décharges électriques, destinées à représenter la décharge de corpuscules par le soleil. Il obtint ainsi des phénomènes ressemblant d'une façon frappante aux diverses formes de l'aurore boréale. La plupart de ses recherches dans ce domaine ont été exposées dans les comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris et les Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.

Dans ses dernières années, il s'était consacré particulièrement à des recherches sur la lumière zodiacale, pour lesquelles il fit de longs séjours en Egypte et dans d'autres parties de l'Afrique. C'est sans doute dans la même intention qu'il s'était rendu récemment au Japon, où il est mort prématurément, laissant inachevée une œuvre marquée au coin d'une grande originalité. (D'après la *Revue générale des Sciences).*

AD. VON BAEYER

(1835-1917)

A. von Bæyer, né le 31 octobre 1835 à Berlin, a débuté de bonne heure dans la carrière de chimiste, car à l'âge de 12 ans, vouant ses loisirs à des expériences de chimie dans la maison paternelle, il fit déjà sa première découverte, un sel double de carbonate de cuivre et de carbonate de soude.

Après avoir terminé ses études au Gymnase Friedrich-Wilhelm, à Berlin, nous trouvons le jeune chimiste, en 1856, à Heidelberg, travaillant assidûment chez Bunsen, puis ensuite dans le laboratoire du privat-docent Kekule, qui fut plus tard le grand réformateur de la chimie organique et que von Bæyer suivit à Gand. De là, il revint dans sa ville natale où, en 1864, il présenta à l'Université de Berlin sa thèse de doctorat sur les *Combinaisons méthyliques de l'arsenic.* Nommé peu après professeur extraordinaire à la suite de ses travaux sur l'acide urique, il devint encore maître de chimie à la Gewerbe-Akademie, où il rencontra nombre de savants célèbres tels que Græbe, Liebermann et Victor Meyer.

Von Bæyer s'était révélé un expérimentateur et observateur excellents et c'est à la Gewerbe-Akademie qu'il poursuivit ses recherches sur l'acide urique, sur les réductions de l'acide phtalique, sur les phtaleïnes et sur l'acide mellique, de même que celles sur l'élimination de l'eau et son importance dans la vie des plantes, puis sur la formaldéhyde; ces travaux le placèrent en bon rang dans le monde des chimistes. Il fut alors, en 1867, le principal instigateur de la Société chimique allemande qui compte aujourd'hui plus de 3400 membres.

Appelé en 1871 à la chaire ordinaire de chimie à la nouvelle Université de Strasbourg, von Bæyer y crée l'Institut de chimie, où ses travaux sur la fluoresceïne deviennent le point de départ de la découverte de l'éosine et des autres couleurs de résorcine; c'est là qu'il eut comme élève Emile Fischer, l'un des plus célèbres chimistes contemporains.

Von Bæyer ne resta pas longtemps à Strasbourg. Désigné comme successeur de Liebig, à Munich, en 1873, il occupe ardemment ses débuts à l'organisation du laboratoire de chimie, puis, pendant 10 années, poursuit ses recherches sur l'indigo qui l'amènent à en établir la constitution et plusieurs autres synthèses. C'est en 1880 que la fabrication de l'indigo synthétique fut entreprise, mais

le procédé Bæyer, trop coûteux, fut remplacé par d'autres qui assurèrent à cette nouvelle industrie un grand développement. La fabrication de l'indigo artificiel, à laquelle le nom de Bæyer est associé, est certainement la plus belle conquête de la chimie organique dans le domaine des colorants.

Von Bæyer fut alors annobli et reçut le titre d'Excellence. On lui doit encore, à cette époque, des travaux remarquables sur les combinaisons polyacétyléniques, sur la constitution du benzène, sur les camphres et les terpènes. Agé alors de 75 ans, l'éminent chimiste clôt une si belle carrière entièrement consacrée à la science par ses recherches typiques sur la constitution des colorants du triphénylméthane.

Ce fut un des grands maîtres de la chimie expérimentale, qui a exercé une influence prépondérante non seulement dans le domaine de la chimie, mais encore dans celui des sciences naturelles dans leur ensemble. Ayant reçu la médaille d'or de Davy, puis le prix Nobel en 1905, associé étranger à l'Académie des Sciences de Paris, il entretint sans cesse des relations amicales avec plusieurs savants suisses ; il fut nommé membre honoraire de notre Société à l'occasion du Congrès de la nomenclature chimique qui eut lieu à Genève en 1892 et qui avait réuni un grand nombre des représentants les plus illustres de la chimie ; von Bæyer avait joué un rôle très actif à ce congrès.

Il est mort le 20 août 1917, à l'âge de 82 ans, dans sa propriété de Tutzing, au lac de Starnberg.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES.

Physique.

M. Alex. Muller. Tube à rayons X pour recherches de laboratoire.

M. Ch.-E. Guye. Exposé de quelques-unes des conséquences du principe de relativité.

— Théorie de la rotation de la décharge électrique par un champ magnétique.

Chimie.

M. Alexis Bach. Sur la spécificité du ferment qui réduit les nitrates en présence d'aldéhydes.

Minéralogie.

M. Albert Brun. Quelques résultats obtenus par l'analyse spectrale de quelques sulfo-arséniures suisses.

— Nouveaux résultats obtenus par l'analyse de diverses roches.

— Etude de certains sels volcaniques par l'analyse spectrale.

M. M. Gonsalves. Etude pétrographique des roches du Tunnel du Simplon.

Botanique.

M. J. Briquet. Recherches sur l'organisation des Hélichryses.

— Sur la structure des bractées involucrales et palléales dans les espèces européennes du genre *Bidens*.

— Critère différentiel des bractées involucrales et palléales dans la calithide des Composées.

— Recherches sur la structure de la fleur chez les Composées.

— Sur les nacelles palléales, l'organisation de la fleur et du fruit dans le *Filago gallica*.

— Recherches sur la dissymétrie foliaire hétérogène chez les Ombellifères.

— Recherches sur les phénomènes de dissymétrie dans les feuilles.

Zoologie.

M. E. Yung. Les Cladocères du Lac de Genève.

— Sur les anomalies de la coquille de l'Escargot de la vigne.

M. Arnold Pictet. Premiers résultats de ses recherches sur le croisement des races Cobayes angora albinos et ordinaire coloré.

— Recherches sur l'origine des races géographiques de quelques Lépidoptères.

— Les migrations de *Pieris brassicae* en 1917 et leurs conséquences.

M. J. Carl. Distribution des Ecrevisses en Suisse.

Physiologie.

Mlle L. Stern. Les effets vasoconstricteurs et vasodilatateurs de quelques extraits animaux.

M. E. Yung. Expériences sur les colorations vitales chez divers Crustacés.

MM. E. YUNG et A. BRUN. Premiers résultats d'analyses chimiques du Plancton du Léman.

M. Arnold PICTET. Résistance des Lépidoptères à la compression, à l'asphyxie et au froid.

Embryologie.

M. E. BUJARD. Trois cas d'inclusion d'un œuf dans un autre.

Psychologie.

M. Ed. CLAPARÈDE. Sur l'Ergographie bimanuelle.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 2.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1918

PAR

F. BATTELLI

Messieurs et chers Collègues,

Un voile de tristesse s'est étendu cette année sur notre Société. Aux premiers jours de février, nous avons eu la douleur de perdre notre président, M. le prof. Yung. Nous ne l'avons vu qu'une fois s'asseoir au fauteuil présidentiel; il était terrassé quelques jours après par une mort foudroyante. Et au cours de l'été disparaissait un de nos doyens les plus vénérés M. Casimir de Candolle. Nous avons eu le grand privilège de pouvoir le compter jusqu'aux derniers temps de sa vie parmi les membres les plus attachés à notre Societé et les plus assidus à nos réunions.

Nous avons encore à déplorer au cours de l'année la mort de M. J.-M. Crafts de Boston, membre émérite[1]; de MM. Pierre Blaserna et Johanne Coaz, membres honoraires et de MM. William Favre et James Odier, associés libres.

[1] La notice biographique concernant J.-M. Crafts n'a pas pu paraitre dans le présent rapport.

Nous reviendrons tout à l'heure sur la vie et les travaux de nos collègues disparus.

Les difficultés des communications entre les différentes nations ont réduit nos relations avec les Sociétés savantes des autres pays. Nous avons adressé une lettre de félicitations et de souhaits à l'Université de Lund à l'occasion du 250e anniversaire de sa fondation.

Les sociétés scientifiques et les naturalistes suisses n'ont pu, cette année, fraterniser et travailler ensemble à l'occasion de leur réunion annuelle, qui s'annonçait brillante, convoquée qu'elle était aux bords ensoleillés du lac de Lugano. La terrible épidémie de grippe faisait rage à ce moment, et le congrès a été supprimé.

La vie de notre Société a été marquée cette année par la mise à exécution d'un projet, que nous appelions de nos vœux depuis fort longtemps. Grâce à une heureuse entente avec les Archives des Sciences physiques et naturelles, le compte rendu de nos séances a pu paraître périodiquement en fascicules trimestriels. Notre secrétaire M. le Dr Joukowski s'est attaché avec une attention soutenue à la réalisation de ce progrès important.

Notre vieille Société a tenu ainsi à s'adapter à la vie moderne, qui exige la rapidité des échanges dans le domaine matériel aussi bien que dans l'intellectuel.

Nous avons le ferme espoir que les savants de notre ville voudront profiter largement des avantages de notre publication périodique, en venant plus nombreux et plus souvent que par le passé nous apporter les fruits de leurs recherches. Que le nombre des 36 publications qui ont été présentées au cours de cette année, puisse être notablement dépassé dans les années qui vont suivre.

Dans la séance de ce soir vous aurez à nommer le vice-président pour l'année 1919, le secrétaire des Publications, et un membre du Comité des Publications en remplacement de M. Briner, sortant de charge.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

EMILE YUNG[1]

(1854-1918)

L'œuvre scientifique, considérable et variée, marquée au coin d'une grande érudition, que laisse Emile Yung, a pour origine la volonté extraordinaire dont il fit preuve dès son enfance pour vaincre les difficultés que lui valut l'interruption forcée de ses études secondaires. De ce savant modeste on peut dire en effet, en toute sincérité, que ce fut un *self made man*, et c'est précisément ce trait caractéristique de cette vie, uniquement consacrée au développement de la science, que nous voudrions faire ressortir au début de cette notice destinée à honorer la mémoire de celui qui fut notre ami et notre collègue dévoué.

Né à Genève le 6 juin 1854, nous remarquons déjà Emile Yung au collège industriel et commercial de notre ville, qu'il fréquenta jusqu'à la 4e classe, en 1867 et à Gelterkinden dans le canton de Bâle. Déjà l'esprit du collégien qui, comme tant d'autres, débute par une collection de Papillons, s'ouvre aux beautés de la nature et aux sciences naturelles, lorsque des revers de fortune atteignant sa famille viennent mettre un frein à son besoin d'apprendre en le contraignant à entrer, comme commis, au Bureau de l'Enregistrement et du Timbre.

Cependant Yung ne renonce pas pour cela à son rêve de poursuivre ses études; malgré les circonstances qui l'en empêchent il tient à acquérir une situation lui permettant de s'adonner aux recherches scientifiques, vers lesquelles il se sent ardemment attiré. Des notes manuscrites écrites au jour le jour dès cette époque — il avait alors 14 ans — montrent à quel point sa volonté est tenace, son esprit est impatient d'apprendre, son aptitude est grande au travail. Tout son temps de

[1] Notice par M. le Dr Arnold Pictet.

liberté y est consacré ; levé chaque jour, été comme hiver, à six heures, sinon à cinq, il poursuit de lui-même avec acharnement, avant de se rendre à son bureau, un programme d'instruction secondaire, qu'il se donne la tâche d'accomplir coûte que coûte. Tel matin il pioche la physique, tel autre la chimie ; tantôt ce sont la zoologie ou les mathématiques, la botanique ou la géographie, et c'est de tout son cœur qu'il se consacre à cet ardent labeur, d'où seul dépendra l'avenir brillant qui l'attend.

Ce journal intime, écrit à un âge où d'habitude l'on n'a pas encore approfondi les exigences de la vie, établit deux points qui méritent d'être relevés du caractère d'Emile Yung à cette époque.

En premier lieu, c'est la précision et l'abondance des détails qu'il apporte à la narration de ses journées ; l'âme du savant consciencieux et méticuleux qu'il deviendra dans la suite s'y révèle presque à chaque ligne et c'est d'ailleurs ce souci d'exactitude et de précision qui a dirigé toute sa vie scientifique.

En second lieu, dans ses récits, le jeune commis montre nettement que ses goûts s'orientent surtout vers la chimie et la physique, à l'étude desquelles, peut-être parce qu'elles lui demandaient une attention plus soutenue, il s'adonne avec plus de soin qu'à celle des autres branches. Nous verrons d'ailleurs qu'il garda longtemps cette prédilection, qui fit de lui, plus tard, à côté du zoologiste et du psychologue, l'auteur d'importants travaux sur la physiologie des animaux.

Mais là ne se borne pas son activité. Sa journée finie à l'Enregistrement, Yung ne songe nullement au repos et au délassement ; il occupe au contraire ses soirées, de 1868-1871, à suivre des cours à l'Ecole industrielle et, chaque fois qu'il le peut, les conférences publiques déjà nombreuses à cette époque. On peut dire que si l'instruction qu'il reçut à l'Ecole industrielle, eut, ainsi qu'il l'écrivait, une grande influence sur son développement scientifique, les conférences lui inculquèrent les principes de ce talent de vulgarisateur et de conférencier que nous lui avons connu. Il faut lire le récit de sa première leçon pour juger de l'élan impulsif qui le dirigea dès lors.

D'ailleurs, une autre circonstance devait encore fournir au jeune naturaliste les éléments destinés à compléter son orientation vers la science. Grand ami de la famille de Marc Thury, dont les fils aînés étaient ses contemporains, il bénéficia largement de ce contact avec l'illustre physiologue. C'est du reste de cette époque que date la fondation de leur petite société, *Les amis de la Varappe*, avec Jaquerod, des Instruments de physique, Margot, qui fut ensuite préparateur à l'Institut de physique, notre collègue et ami, M. Albert Brun et d'autres, pour lesquels la montagne et surtout le Salève n'avaient point de secret ; ces excursions constituaient déjà de précieuses leçons pratiques d'histoire naturelle ; mais Yung y acquit en-

core cette admiration si prononcée pour la beauté des sites naturels, cette âme de poète si richement empreinte d'idéal, que plusieurs de ses livres mettent en relief.

C'est de cette époque encore que datent les premières armes du commis à l'Enregistrement dans la chimie expérimentale. Avec Jaquerod, Margot et les Thury, il avait organisé un petit laboratoire dans les greniers de la maison qu'habitait sa mère à la rue de la Paix; c'était une pièce si étroite qu'à peine pouvaient se tenir à la fois les expérimentateurs, dont la passion de la recherche se donna quand même libre essor. Un jour ils pratiquaient le mélange détonnant de l'acide chlorhydrique; mais, leur fenêtre ne recevant pas de soleil, ils avaient imaginé d'attacher la bouteille à une ficelle et de la balancer vers la ruelle voisine qui, elle, était inondée de lumière. L'explosion fut formidable et ébranla tout le quartier. Une autre fois ils faillirent mettre le feu à la maison en manipulant un bâton de phosphore. Aussi, dès lors, l'usage du laboratoire fut-il interdit et il fut décidé que le jeune Yung se destinerait au barreau!

Les cinq années passées au Bureau de l'Enregistrement furent les plus amères que vécut Yung, dont l'esprit était trop ambitieux d'apprendre et le caractère trop actif pour se satisfaire de cette existence administrative. C'est alors qu'une heureuse aubaine survint sous la forme de la mise au concours d'une place de maître de sciences et de géographie au collège de Montreux. L'occasion était trop belle d'entrer dans l'enseignement pour la laisser échapper; aussi ne manqua-t-il pas de s'inscrire pour les examens afférant à l'obtention de cette place. C'était en 1873. Ces examens, ainsi qu'il l'écrivit lui-même, ne furent pas très bons, sauf en ce qui concerne la chimie et la zoologie; mais cela n'empêcha pas la commission chargée de les apprécier de désigner Emile Yung pour occuper le poste, considérant sa volonté de travail et la persévérance dont il avait donné la preuve, comme une garantie qu'il accomplirait consciencieusement sa tâche.

Dès lors sa vie fut transformée, son rêve réalisé.

Yung a gardé de Montreux un souvenir idéal dont il aimait à parler et que l'on retrouve, vivant, dans le livre qu'il consacra à cette localité. Montreux lui doit beaucoup également, notamment la création d'un petit musée d'histoire naturelle, car, pendant les trois années qu'il y enseigna, il ne ménagea ni sa peine, ni son savoir; il en rapporta également quelque chose de grande valeur pour lui, l'interruption de ses études régulières l'ayant privé d'un diplôme. Le gouvernement vaudois, en effet, en égard de ses trois années d'enseignement lui accorda le diplôme de maturité, indispensable pour l'admission aux études universitaires.

Nous devons mentionner encore un autre trait du caractère de Yung, que mettent en évidence ses notes manuscrites: c'est de n'avoir jamais négligé le temps

laissé libre par les vacances pour fournir à son esprit les éléments nouveaux capables de compléter son instruction et pour entrer en rapport avec les maitres de la science à cette époque.

C'est ainsi qu'en 1874 il se rend à Paris, où bien que simple instituteur, il est accueilli fort aimablement par Henri Ste Claire-Deville, par Berthelot et par le chimiste Dumas, alors secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, avec lequel il resta d'ailleurs longtemps en relations. Berthelot trouva même que les aptitudes du jeune naturaliste pour la chimie étaient telles, qu'il lui offrit une place d'aide dans ses laboratoires, que Yung ne put malheureusement pas accepter. Il rencontre encore Milne-Edwards, Claude-Bernard et de Quatrefages, dont l'influence a également bien contribué à son orientation scientifique. Et c'est encore cette année qu'il entra en contact avec Carl Vogt; le célèbre professeur faisait alors une excursion au Mont Blanc pour y étudier les organismes de la neige rouge et il avait emmené avec lui le jeune instituteur de Montreux.

L'année suivante, c'est l'Allemagne qui l'attire pour visiter les Instituts universitaires, à Freibourg et notamment à Heidelberg, où il passe des journées d'un intérêt captivant dans les laboratoires de Kirchhof et de Bunsen, les deux inventeurs de l'analyse spectrale. Kirchhof a même l'obligeance de répéter devant lui toutes ses expériences les plus fameuses et un soir Yung put analyser lui-même, au moyen des raies spectrales, la composition chimique d'α de la constellation du Cygne et y noter les uns après les autres 14 métaux différents qui ont tous leurs analogues sur notre globe.

C'est l'année 1876 qui marque maintenant une date importante dans la vie de Yung, car ce fut celle de son retour à Genève. Carl Vogt lui écrivait en effet pour lui offrir la place de préparateur dans son laboratoire, avec appointements de 1800 francs, et le jour où il pénétra dans cette Université, où il devait enseigner pendant 39 ans et au renom de laquelle il contribua largement, fut un jour de grande, d'indicible émotion. Grâce à son diplôme de maturité vaudoise, dont il obtient facilement l'équivalence à Genève, le voilà étudiant régulier. Dès lors sa vraie carrière commence; peu à peu ses goûts de chimiste se muent en ceux du zoologiste et il débute dans l'enseignement universitaire par un cours libre sur la *théorie physique du microscope et les dernières modifications apportées à cet instrument.*

Cependant, bien que ses études et ses travaux demandassent quelque repos, le jeune étudiant, fidèle à ses traditions, n'en continue pas moins chaque année ses voyages d'instruction personnelle pendant les vacances. Ayant récolté de la chimie allemande des fruits dont il se souvient, il désire en recueillir de semblables de la zoologie allemande, dont pourront profiter ses études, et le voilà, en 1877, à Strasbourg. L'Université vient d'y être montée en grand par le nouveau gouvernement

et grâce aux recommandations de Vogt, il se voit ouvrir toutes grandes les portes des laboratoires des maitres les plus autorisés.

C'est d'abord chez Wäldeyer, professeur d'anatomie, où il fait de l'histologie en compagnie de Leboucq, et où il étudie les nouvelles méthodes de coloration, dont il fit, dans la suite, largement bénéficier notre Institut de zoologie et d'anatomie comparée. C'est ensuite chez Recklinghausen, professeur d'anatomie-pathologique, très aimable, accueillant, original, où il s'initie aux méthodes de préparation en usage à cette époque. Entre temps, c'est la zoologie et la paléontologie qu'il travaille au Musée, sous la conduite de son directeur, Schimper, un vieillard, qui bien qu'appartenant à l'école de Cuvier tenait Vogt pour un savant de rare mérite. Puis il passe à l'étude de l'embryologie chez Alexandre Götte, jeune encore, mais déjà célèbre par son ouvrage sur l'embryologie du *Bombinator*, et y trouve Frédéricq, qui devint le célèbre professeur de Liège et avec lequel il resta toujours en relations amicales.

C'est dans les laboratoires de Götte que Yung pratiqua une étude embryogénique approfondie du *Phylloxera*, en vue du Congrès international phylloxérique qui se tint alors à Strasbourg et auquel Carl Vogt et Victor Fatio avaient été délégués par le Conseil féderal suisse.

Si nous nous étendons sur ces voyages d'étudiant, c'est que nous estimons qu'il est bon de faire ressortir ici toute l'influence qu'eurent sur l'avenir de Yung les relations qu'il acquit de cette façon avec la plupart des sommités de la science, car c'est précisément la diversité des disciplines dont s'occupaient ces maitres qui lui permit ensuite d'entreprendre cette œuvre si féconde et variée, embrassant la physiologie, l'anatomie, la psychologie, où l'expérimentation servait en même temps de base et de contrôle, que son cerveau admirablement organisé sut mener si largegement à bien.

En France, ce fut à Roscoff, où il alla pour la première fois, en 1878, avec Carl Vogt, et où il retourna constamment dans la suite, qu'il entra en contact avec l'élite de la zoologie française, les Lacaze-Duthiers, les Delage, les Pruvot, les Edmond Perrier, les Gravier et d'autres encore ; il avait du reste une sympathie marquée pour la science française, dont il admirait le génie d'invention; il en avait une tout aussi marquée pour cette contrée merveilleuse, pour les Roscovites, pour toute cette Bretagne, dont il a si bien su faire ressortir le caractère, dans son livre *Sous le ciel breton*.

A cette époque Yung termina ses études et fut reçu Docteur ès sciences naturelles, le 28 mai 1879, à la suite d'examens brillants et de la présentation d'une thèse *Sur les fonctions et la structure intime du système nerveux des Crustacés :* il devint assistant de Vogt, puis maitre d'Histoire naturelle au Gymnase de Genève,

et privat-docent chargé de donner un cours sur les *Théories de l'évolution ;* il eut encore la suppléance de Vogt pendant les sessions du Conseil national.

Arrivé au terme de cette première étape de sa carrière, le jeune docteur fit encore un stage d'étude en 1880 à Iena, auprès du célèbre Hæckel, pour lequel il conçoit une grande admiration et avec lequel il est resté en constantes relations. Dans la suite, l'auteur de l'*Histoire de la Création* disait volontiers que Yung avait été son meilleur élève. Et cette même année encore il se rendit pour la première fois à la station zoologique de Naples, où il rencontrait Arnold Lang, plus tard professeur de zoologie à l'Université de Zurich, et Parraud, Guglielmi et Alex. Herzen, avec lesquels il visitait longuement l'Italie.

Il faut avoir lu le récit manuscrit qu'écrivit Yung de ce voyage en Italie, poussé jusqu'en Sicile, pour comprendre à quel point ses sentiments de poète s'alliaient bien à ceux du zoologiste, pour apprécier, à leur juste valeur, les beautés de la faune marine, pour laquelle il avait une prédilection. C'est pour l'étudier qu'il fit usage du scaphandre, « cet admirable appareil d'un immense secours pour le naturaliste » écrivait-il. « J'en ai fait un bon apprentissage et cependant je ne puis supporter qu'une pression de 15 mètres. L'effet produit au moment où l'on s'enfonce dans l'élément liquide est magnifique ; le décrire est impossible. Rien, absolument rien, ne peut donner une idée de la beauté incomparable des couleurs de la mer. Partout du bleu, mais du bleu de mille nuances diverses, azuré de jaune, de vert, de lilas, d'orangé. Les teintes sont fraiches, vives, bien plus belles qu'elles ne paraissent au contact de l'air ».

De tous ces voyages, de toutes ces relations, on conçoit que Yung ait acquis les bases capables de faire de lui un maitre dans l'enseignement supérieur. Comme assistant de Vogt, il rendit en effet de grands services à l'Université de Genève et à ses étudiants, qu'il savait entrainer à aimer la science. Ceux qui eurent le privilège de le connaitre alors et de faire leurs premiers pas en Zoologie sous la conduite de ce chef sympathique et aimable, lui gardent un souvenir ému ; que de fois ils quittaient avec joie leur travail pour faire cercle autour de lui et l'entendre développer ses théories sur les grandes questions biologiques ; dans cet exposé, Yung dévoilait toute l'originalité de son érudition, toute l'étendue de ses connaissances et la clarté merveilleuse de ses idées.

Comme on le voit, il devint rapidement au laboratoire le bras droit de Vogt, qui, en toute confiance, ne tarda pas à lui en abandonner la complete direction. Yung fut alors nommé professeur suppléant de Zoologie générale et, en 1886, professeur extraordinaire chargé de donner des cours sur les théories évolutives du règne organique, sur l'anthropologie et sur les facultés mentales des animaux. Ces leçons se poursuivirent jusqu'en 1895, époque à laquelle Yung, succédant à Carl

Vogt, devenait professeur ordinaire de zoologie et d'anatomie comparée et directeur des laboratoires rattachés à cette chaire.

La plupart d'entre nous se souviennent encore suffisamment des cours de Yung et sont restés assez profondément pénétrés de la science de ce maître et de son incomparable faculté d'initiation, pour qu'il soit besoin d'en parler longuement ; il se consacra à son enseignement sans défaillance jusqu'au dernier jour de sa vie, car, le jour même de sa mort, il avait comme de coutume fait son cours et dirigé le laboratoire, où il donnait encore une conférence avec projections lumineuses.

Après avoir relaté les méthodes de travail et d'instruction personnelle, qui firent d'Emile Yung une des premières personnalités de Genève, nous devrions analyser son œuvre scientifique ; mais celle-ci ayant déjà fait l'objet d'analyses dans les journaux locaux, ainsi que dans un article détaillé qui va paraître dans les Actes de la Société helvétique des sciences naturelles, nous ne saurions, dans la crainte de faire double emploi, nous étendre à nouveau sur ce sujet. Nous nous bornerons en conséquence aux grandes lignes de son immense activité.

L'œuvre scientifique d'Emile Yung s'est orientée dès le début de sa carrière dans deux directions principales, la physiologie des animaux et leur anatomie ; mais on peut dire qu'il a toujours poursuivi ces deux disciplines parallèlement l'une à l'autre, de manière à en tirer des conclusions d'ensemble. Car il était hautement pénétré de l'idée, dominante aujourd'hui, des relations qui existent entre la fonction et l'organe, celle-là déterminant celui-ci. Aussi voyons-nous continuellement ses travaux suivre cette direction.

Mais Yung n'en fut pas moins un zoologiste de grand mérite, très au courant de la structure et de la classification des animaux, dont il aimait à comparer l'enchaînement dans la série. Il aimait également leur vie, sachant pénétrer leurs fonctions mentales, leurs sensations ; il fut également un psychologue de talent, dont les recherches se portèrent même fréquemment jusqu'à la psychologie humaine.

Ce qui le fit surtout connaître, dans le monde savant, c'est sa qualité maîtresse d'expérimentateur. Au début de sa carrière, le transformisme, et plus spécialement le transformisme lamarckien, avait déjà cette tendance de demander à l'expérimentation le contrôle de la spéculation pure, mais Yung se servait de l'expérience également comme d'un moyen de donner une direction à ses recherches, qui se portèrent principalement sur l'influence qu'exercent les divers facteurs de l'ambiance sur le développement et la croissance des animaux. Cependant il ne s'est pas exclusivement confiné dans la biologie expérimentale, car son esprit chercheur, sa sagacité jointe à une intuition marquée, ne tardèrent pas à lui révéler les relations qui existent entre le genre de vie de l'animal et son organisation histologique et à lui faire entrevoir une série de problèmes auxquels il s'est voué, et où il s'est révélé

un histologiste adroit et précis. Dans ce domaine ses travaux sur les mécanismes de la digestion sont devenus classiques.

Yung s'est fait un nom en physiologie et, parmi les travaux physiologiques les plus remarqués qu'il laisse, nous devons mentionner un mémoire consacré à ses recherches sur la Grenouille et intitulé : *De l'influence des différentes espèces d'aliments sur le développement de la Grenouille,* qui fut couronné en 1883, par l'Université de Genève (Prix Davy). Puis, un second mémoire : *Contribution à l'histoire physiologique de l'Escargot,* qui fut couronné par l'Académie des Sciences de Belgique à la suite d'un concours, en 1886, et pour lequel il obtint une médaille d'or.

Yung avait du reste étudié à fond l'Escargot des vignes, sous tous les rapports, biologie, physiologie, anatomie et variation ; il s'était pour cela mis en rapport avec une quantité d'éleveurs de ce mollusque, dans le but de faire un travail statistique sur la proportion entre les lévogires et les dextrogires, et sur d'autres questions relatives à la malformation, le déroulement de la coquille, l'aptitude à la régénération de celle-ci.

C'est principalement dans le domaine de la faune marine et lacustre et surtout dans l'étude du plankton d'eau douce, que s'affirme le rôle de Yung comme zoologiste. Passionné des richesses naturelles de notre beau pays, il avait voulu en connaître les animaux, tout particulièrement ceux qui, imperceptibles, vivent dans les eaux douces. Son rêve de jadis avait été d'instituter à notre Université une station de zoologie lacustre ; ce rêve se réalisa pleinement, lorsque, à l'occasion du jubilé universitaire de 1909, la Société académique de Genève, avec l'aide de Mme H. Claparède, la fille du célèbre naturaliste, et grâce à une souscription publique, put acquérir un bateau à moteur qui fut aménagé pour la recherche zoologique et baptisé l'*Edouard Claparède.* C'est sur ce petit bateau, dont la silhouette originale s'est si souvent montrée le long de nos rivages, que Yung put continuer toute une série de travaux précédemment commencés sur le plankton du lac Léman ; ceux-ci touchaient principalement aux variations de la répartition des organismes, suivant la profondeur, la température et les saisons, et pour les pousser à fond, il bénéficia largement de la pratique du travail au filet fin et à la drague qu'il avait acquise dans ses croisières depuis Roscoff, Concarneau, Naples, Villefranche, Banyuls et plus récemment en 1908, lors d'un voyage en Scandinavie et au Cap Nord, et d'une station de recherches à Bergen.

Mentionnons encore qu'une large part de son inlassable activité a été consacrée à la publication d'ouvrages d'enseignement, dont, en particulier, le *Traité d'anatomie comparée pratique,* qu'il rédigea en collaboration avec Carl Vogt et dont les deux volumes, traduits plus tard en allemand, ont été et sont encore un des meilleurs

auxiliaires du travail des étudiants au laboratoire. En dernier lieu, depuis quelques années, avec la collaboration de collègues dévoués, il rédigeait son *Traité de zoologie,* dont une certaine partie est fournie par des dessins et des documents originaux.

Yung ne se contenta pas d'enseigner la science à l'Université ; il voulut encore la répandre à flot dans le grand public, et ce fut là une des causes principales de sa popularité et de l'estime dont il était entouré, non seulement dans sa ville natale, mais dans toute la Suisse romande. L'activité qu'il déploya comme conférencier mérite que l'on s'arrête un peu à la relever, car le nombre des séances qu'il donna un peu partout est considérable. Il parlait indifféremment de tous les sujets se rattachant à la biologie, et toujours avec une abondance d'objets de démonstration et de projections lumineuses. Son talent remarquable de vulgarisateur, son esprit ouvert et large, et la façon claire et précise dont il s'exprimait, mettaient les problèmes biologiques, même les plus compliqués, au niveau de toute intelligence ; il acquit ainsi une notoriété justement méritée dans les milieux populaires, comme aussi dans le monde intellectuel.

Aussi peut-on lui savoir gré des services qu'il rendit de cette façon à son pays, notamment dans les cours du soir qui se donnèrent de 1885 à 1892 à l'Académie professionnelle, au Musée Rath, où il traita en plusieurs séances de l'*Anthropologie* et de l'*Histoire naturelle de l'homme* et d'autres sujets. Les « conférences du mardi », comme on les appelait, furent d'ailleurs l'origine d'un mouvement qui se créa en vue d'étendre l'enseignement supérieur dans les classes qui ne peuvent en profiter dans la journée, ainsi que cela se pratique en Angleterre, et Yung contribua largement à l'extension de ce mouvement. Il enseigna encore à l'Université ouvrière et à l'Ecole Vinet à Lausanne.

Comme chroniqueur scientifique, il laisse encore un nom, car il entretenait beaucoup de journaux locaux et de revues de la Suisse romande, de sujets variés d'actualités scientifiques ou de comptes-rendus de congrès et d'assemblées ; dans ces récits, son style, toujours agréable à lire, savait, comme dans ses conférences, mettre à la portée de chacun les questions de science pure dont s'occupaient les réunions de savants.

Yung laisse aussi une belle œuvre littéraire, car c'était un fervent admirateur de son pays et il jouit pleinement des joies intimes que procure l'incomparable beauté de la nature. Dans des pages élevées, empreintes d'un grand idéal et d'un vrai sentiment de poète et pour l'analyse desquelles la plume d'un homme de science est incompétente, il a témoigné avec sérénité de cette admiration.

Nous ne saurions passer sous silence le rôle scientifique important que Yung a joué en Suisse. Président en 1906 de la Société zoologique suisse, vice-président de

l'Institut national genevois et président depuis 1905 de sa Section des sciences, il en a été, on peut dire, l'âme très vivante. Il venait d'être élu Président de la Société de Physique et d'Histoire naturelle pour l'année 1918, dont il ne présida que la première séance et depuis longtemps la Société vaudoise des Sciences naturelles l'avait nommé membre honoraire.

Mais c'est à la Société helvétique, à laquelle il appartenait depuis 1880, que son nom reste le plus attaché, car il lui a voué une bonne part de son activité, comme membre de la Commission du Concilium bibliographicum, qu'il présida depuis 1913, de celle des Mémoires et de la Commission scientifique du Parc national, ainsi que par son assiduité aux sessions annuelles. Membre du comité annuel de la session de 1902, à Genève, il fut vice-président de celle du Centenaire en 1915 et membre de la Commission historique du Centenaire. Chacun se souviendra du rôle qu'il joua à cette session, comme auteur du *Coup d'œil historique sur l'activité de la Société helvétique des sciences naturelles* (en collaboration avec le Dr J. Carl).

Nous voudrions encore consacrer à son activité civique, à laquelle il se voua sans se ménager, la part de cet article qu'elle mérite ; mais, obligé d'en limiter l'étendue, nous nous bornerons à signaler qu'ayant sa ville natale en grande affection, il fut toujours heureux de contribuer à sa prospérité.

Et maintenant embrassons d'un coup d'œil d'ensemble l'œuvre considérable de cette vie, toute de travail et de modestie. Non seulement dans son pays, mais dans presque toutes les parties du monde, le nom d'Emile Yung est marqué comme celui d'un pionnier de la science et de la vérité ; partout ses travaux sont respectés, son autorité reconnue, sa valeur appréciée. Aussi la plupart des institutions scientifiques ont-elles tenu à rendre hommage à cette œuvre, en lui conférant une distinction honorifique ou en l'appelant comme membre honoraire.

En premier lieu, c'est son pays qui reconnait ses mérites, en le désignant comme délégué aux divers congrès internationaux auxquels il prit part ; en outre, le Conseil fédéral le désigna, en 1891, pour faire partie d'une commission internationale chargée d'explorer la mer à Banyuls. Puis sa ville natale à son tour lui confie le soin de rédiger, pour le livre du Centenaire de Genève-Suisse, la partie de cet ouvrage relatant le *Développement scientifique de Genève.*

A l'étranger, c'est l'Institut de France, où il compte de sérieux amis, qui le nomme *Associé-étranger ;* et, plus tard, à l'occasion du Jubilé de Lamarck, le voici créé Chevalier de la Légion d'Honneur, puis, en 1914, membre correspondant de l'Académie des sciences pour la section d'anatomie et de zoologie, en remplacement de Metchnikof ; il éprouva une immense joie de cette distinction qui compte parmi les plus hautes que puisse ambitionner un savant.

Pour nous, le souvenir d'Emile Yung restera en outre longtemps vivant comme

celui d'un collègue aimable, toujours accueillant d'un sourire, d'un ami complaisant, avec lequel il était agréable d'être en relations et d'un maître dont la science nous dirigea souvent.

Il est mort en pleine activité, laissant une œuvre trop inachevée. Le 2 février, après une journée de grand labeur, il se rendait à Lutry pour y poursuivre ses recherches à bord de son cher bateau, l'*Edouard Claparède ;* mais, sur le perron de la gare, la mort enlevait brusquement à la science, à son pays et à sa famille, cette intelligence remarquable.

CASIMIR DE CANDOLLE[1]

(1836-1918).

Au début de l'année 1836, Augustin-Pyramus de Candolle, gravement malade, avait dû suspendre toute activité scientifique depuis deux mois entiers, ne voulant pas rester alité, n'ayant plus la force de marcher, ne pouvant ni manger, ni dormir. « J'étais, dit-il dans ses *Mémoires et Souvenirs*, dans ce triste état, lorsque j'éprouvai une secousse morale qui me fit du bien. On vint me dire, au milieu de la nuit (le 20 février), que ma belle-fille venait d'accoucher d'un fils, et peu d'heures après on m'apporta cet enfant que j'avais vivement désiré ; on le plaça un instant sur mon lit. Je lui donnai ma bénédiction de grand'père et de parrain, car il reçut les noms de Anne-Casimir-*Pyramus*. Le plaisir que je ressentis fut très vif, et je puis presque dater ma convalescence de ce jour. »

Tels sont les auspices sous lesquels Casimir de Candolle commença sa longue existence, ils étaient bien faits pour préluder à la belle et laborieuse carrière de botaniste qui fut la sienne !

Né à Genève le 20 février 1836, fils aîné d'Alphonse-Pierre de Candolle et de Jeanne-Victoire-Laure Kunkler, C. de Candolle fit ses premières études à Genève, à l'institution Delapraz ; il passa de là au Collège pendant deux ans, puis au Gymnase libre. De 1853 à 1856, il poursuivit ses études à la Faculté des sciences de Paris, cultivant spécialement la chimie, la physique et les mathématiques, prenant successivement les grades de bachelier ès sciences (1853) et de licencié ès sciences (1856). Entre temps, il avait fait (1854) un assez long séjour en Angleterre dans la maison

[1] Notice rédigée par M. le Dr J. Briquet.

de Berkeley, ce qui lui permit d'entrer en relations avec plusieurs botanistes anglais éminents, tels que les Hooker père et fils, Balfour, Bentham, Clarke. De retour dans sa ville natale, C. de Candolle se mit à la botanique, guidé par les conseils et la haute expérience de son père. Il n'a dès lors quitté Genève que pour des voyages occasionnels. Ceux-ci le conduisirent dans le Midi de la France et le ramenèrent souvent à Paris et en Grande-Bretagne, où l'attiraient tant la consultation des herbiers en vue de ses monographies que ses relations d'amitié et de famille. En 1859, il fit un voyage en Algérie et plus tard en Espagne. En 1873, il se rendit en Grèce et à Constantinople. Une expédition en Egypte fut arrêtée dans la vallée du Nil par la guerre du Soudan. C. de Candolle était d'ailleurs grand amateur de courses de montagne, et nombreuses sont les cimes des Alpes dont il a fait l'ascension.

A Genève, C. de Candolle habitait la ville en hiver et passait les mois d'été au Vallon ou à Bellevue, mais en toute saison, le meilleur de son temps s'écoulait dans la maison de la Cour St-Pierre, où son grand'père et son père avaient réuni les immenses herbiers et la classique bibliothèque que tous les botanistes connaissent. Du vivant d'Alphonse de Candolle, on rencontrait le plus souvent C. de Candolle à l'herbier, debout, l'œil rivé à sa loupe montée, le scalpel ou les aiguilles à la main, analysant la fleur ou le fruit de quelque Méliacée ou Pipéracée. Absorbé par son travail, réservé, quelque peu distant, il paraissait à l'observateur superficiel ou occasionnel, n'être que le visiteur par excellence de cet asile de la science. Mais ceux qui le connaissaient de plus près savaient quel intérêt il apportait aux trésors scientifiques accumulés par Pyramus et Alphonse de Candolle.

Aussi, lorsque le 4 avril 1893, la mort eut ravit son père, C. de Candolle entra sans effort dans son rôle d'héritier d'un patrimoine scientifique unique en son genre. Non seulement il perpétua les traditions de sa famille quant aux facilités libéralement accordées à tous ceux — et ils étaient nombreux — qui avaient recours aux collections et à la bibliothèque Candolléennes, mais encore il s'efforça de tenir ces dernières au courant des progrès de la science. L'énorme multiplication dans le nombre des voyageurs rendait difficile pour un particulier l'achat de toutes les collections acquérables, non seulement pour des motifs budgétaires, mais encore à cause de la place nécessaire pour les loger. C'est ainsi que C. de Candolle fut amené à concentrer son effort sur les collections intertropicales, sans d'ailleurs négliger entièrement celles de provenance extratropicale. Même réduits à ce cadre, ses herbiers ont pris une telle extension, qu'il a dû successivement annexer à son musée, chambre après chambre de la vieille maison paternelle. Quant aux livres, C. de Candolle s'est fait un point d'honneur de se tenir au courant des publications. Il suffisait de lui signaler un ouvrage intéressant, manquant à sa bibliothèque et dont la consultation était désirée, pour qu'il en fît immédiatement l'acquisition. Le public

scientifique en général et les botanistes genevois en particulier lui doivent une profonde reconnaissance pour les immenses services qu'il leur a ainsi rendus. Ce qui double cette reconnaissance, c'est la bonne grâce avec laquelle il faisait lui-même les honneurs de son sanctuaire, la courtoisie avec laquelle il accueillait en tout temps ses visiteurs, la simplicité avec laquelle il se mettait à la disposition de ceux-ci pour rechercher quelque livre ou quelque brochure sur les rayons ou dans les fiches de sa bibliothèque. Il semblait presque parfois qu'on lui faisait plaisir en le dérangeant !

Les trois générations passées des de Candolle présentent ce caractère général d'avoir travaillé avec acharnement à l'édification d'un édifice commun : le développement de la botanique systématique dans le cadre d'une classification naturelle. Inauguré par Pyramus de Candolle, le *Prodromus* a été comme le bréviaire, l'expression concrète de cette tendance. Poursuivie par Alph. de Candolle, la gigantesque entreprise d'une description méthodique de toutes les plantes connues a été poussée par lui jusque vers la fin des Dicotylédones. C. de Candolle a encore participé à la rédaction du tome XVI du *Prodromus ;* il a dirigé ensuite avec son père, puis seul, la publication des *Monographiæ Phanerogamarum* (9 vol., 1878-1896). Mais à côté de ce caractère commun aux trois générations, chacune d'elles a présenté des traits propres qui la différencient des précédentes. — Pyramus de Candolle est l'esprit puissant, embrassant l'encyclopédie des connaissances botaniques de son temps et la présentant dans des traités admirablement ordonnés. Doué d'un talent d'analyse exceptionnel associé à une remarquable faculté d'intuition, il faisait surgir comme par magie les groupes naturels du chaos des faits de détail. En recherchant, sous les variantes qui caractérisent les divers représentants d'un groupe naturel, le « plan floral » commun qui exprime la parenté de tous les membres du groupe, il a créé en grande partie la morphologie comparée et préparé l'avènement futur des théories évolutionnistes. — Alphonse de Candolle est moins purement naturaliste que son père ; il n'est morphologiste que secondairement ; il est physiologiste en raisonnant surtout sur des données numériques patiemment accumulées ; il est essentiellement *statisticien*. C'est en cette qualité qu'il renouvelle la géographie botanique, dont la naissance est principalement associée au nom d'Alex. de Humboldt. Alphonse est aussi un juriste qui résume clairement les principes de la phytographie et codifie les règles de la nomenclature botanique. — C. de Candolle enfin localise son travail systématique dans un petit nombre de familles naturelles. Cette spécialisation est la conséquence des progrès de la science. Le temps n'est plus où un seul homme puisse entreprendre la description de tout le règne végétal. La vie est trop courte et la masse des faits est devenue incommensurable. Par ailleurs, l'étude des œuvres de C. de Candolle montre que les travaux

systématiques, auxquels il s'est cependant livré toute sa vie, répondaient moins à sa tournure d'esprit que ce n'était le cas pour son père et surtout pour son grand'-père. En revanche, C. de Candolle renoue la tradition de Pyramus en cultivant la morphologie, encore que dans un esprit bien différent. Il innove en introduisant l'anatomie comparée en systématique. Enfin, il fait œuvre de physiologiste dans plusieurs mémoires de valeur traitant de sujets peu connus à l'époque où ils furent écrits.

Passons sommairement en revue les travaux de C. de Candolle à ces divers points de vue.

La première monographie de C. de Candolle est celle des *Juglandacées*, insérée dans le *Prodromus* (1864) et complétée par un mémoire publié la même année dans les *Annales des sciences naturelles*. C'est une petite famille dont l'organisation soulève d'intéressants problèmes morphologiques, traités d'ailleurs par l'auteur avec une extrême prudence, puisqu'il ne se prononce même pas positivement sur la question de savoir si les Juglandacées sont réellement apétales ou non. Pour lui, les affinités de ce groupe doivent être recherchées dans les *Terebinthales*, opinion qui était déjà celle de Pyramus de Candolle et qui peut se soutenir par des arguments d'un certain poids. Dans la suite, C. de Candolle n'est guère revenu sur cette famille si ce n'est en 1914 à propos de la description d'un nouvel *Engelhardtia* de l'Amérique centrale. — La petite revue des *Myricacées*, insérée dans le *Prodromus*, date de la même époque. — Les travaux de C. de Candolle sur les *Pipéracées* ont une toute autre importance. Amorcée par des descriptions préliminaires (dans le *Journal of Botany*, 1866) et par une dissertation anatomo-morphologique, sur laquelle nous reviendrons, la monographie des Pipéracées parut en 1869 dans le *Prodromus*. C'est un travail qui a exigé de son auteur un gros effort si l'on songe que les descriptions portent dans le genre *Piper* sur 635 et dans le genre *Peperomia* sur 389 espèces. L'auteur englobe parmi les Pipéracées la petite famille des Saururacées (maintenant le plus souvent séparée); il fait disparaitre une foule de genres créés par son prédécesseur F.-A.-W. Miquel et insuffisamment motivés. Depuis cette époque, C. de Candolle a été universellement salué comme le connaisseur par excellence des Pipéracées. De toutes les parties du monde dans lesquelles cette famille est représentée, les matériaux affluaient vers lui pour être déterminés. Année après année, l'auteur décrivait les nouveautés arrivées entre ses mains, et cette belle série d'articles, disséminés dans les périodiques les plus divers, s'est allongée jusque peu avant sa mort. C. de Candolle a laissé une succession bien difficile à reprendre; il s'écoulera du temps avant qu'un second botaniste de son mérite se soit acquis l'expérience du savant défunt; nombreux sont, hélas, les musées dans lesquels les Pipéracées vont s'entasser sans trouver leur maitre! — Les *Méliacées* ne sont entrées

que plus tard dans le champ de travail de C. de Candolle. Cette famille n'avait plus été traitée dans son ensemble depuis l'époque de Pyramus de Candolle (1824) et d'Ad. de Jussieu (1830) et les matériaux s'étaient énormément accumulés. Aussi la monographie qu'en fit notre auteur en 1883 (dans le tome I des *Monographiæ Phanerogamarum)* constitue-t-elle un monument capital qui a servi de base à tous les travaux ultérieurs sur ce groupe. Pendant l'impression de son travail, C. de Candolle avait publié (dans les *Transactions of the Linnean Society* de Londres, 1877), un court article sur la distribution géographique des Méliacées. C'est un des rares cas dans lesquels l'auteur a touché à la phytogéographie. La revue des Méliacées du Brésil parue en 1878 dans le *Flora brasiliensis* de Martius n'est qu'un extrait de la Monographie; par contre, l'auteur est revenu plusieurs fois, et jusqu'à la fin de sa carrière, sur cette famille, pour en décrire de nombreuses espèces nouvelles. — Enfin, C. de Candolle a décrit à réitérées fois des *Bégoniacées* nouvelles, dont l'étude lui était facilitée par les travaux antérieurs d'Alph. de Candolle sur cette famille et par les originaux nombreux que lui fournissait son herbier.

Dans le domaine de l'*anatomie*, C. de Candolle a débuté par un travail sur *La production naturelle et artificielle du liège dans le chêne-liège*, qui inaugurait sa carrière de botaniste, travail paru dans les *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle* en 1860, et qui révélait un observateur attentif et habile. Dès 1866, il s'était livré à des recherches anatomiques (*Mémoire sur la famille des Pipéracées)*, recherches qui portaient essentiellement sur la disposition et la course des faisceaux dans la tige et dans la feuille chez les Pipéracées; il les a poursuivies dans sa *Théorie de la feuille* (1868) et développées dans son *Anatomie comparée des feuilles dans quelques familles de Dicotylédones* (1879). Les points sur lesquels s'est porté son attention sont essentiellement: la nature ouverte ou fermée du système fasciculaire principal, la présence ou l'absence de faisceaux intracorticaux et de faisceaux intramédullaires. Il recherche « s'il existe quelque corrélation entre la structure interne des feuilles et les caractères externes qui, d'habitude, sont seuls utilisés pour la classification ». Bien que l'auteur se soit limité volontairement à un nombre restreint de caractères, c'était là une innovation, dont les travaux effectués depuis lors par de très nombreux auteurs ont montré l'importance capitale. Ce sera toujours un des mérites de C. de Candolle de figurer, après Duval-Jouve et Radlkofer, parmi les initiateurs de l'anatomie systématique. Il n'a d'ailleurs cessé dans la suite de suivre avec intérêt le développement, devenu bientôt considérable, de cette nouvelle branche de recherches, mais il n'y a plus contribué lui-même que par quelques notes et articles (par exemple, la *Contribution à l'étude du genre Alchimilla*, 1893).

Les premiers travaux de C. de Candolle sur la structure de la tige et de la

feuille des Pipéracées l'amenèrent dans sa *Théorie de la feuille* (1868), à aborder divers problèmes de *morphologie générale*, et à définir la feuille comme un « rameau dont le cône terminal serait frappé de stérilité, tantôt sur une zone plus ou moins étendue de son sommet même..., tantôt sur le sommet à la fois et sur la face postérieure ». Les feuilles ne seraient donc que des rameaux caractérisés par divers arrêts de développement. Telle est, réduite à son squelette, la pensée de C. de Candolle. Cette pensée, l'auteur l'a développée et défendue dans une série de mémoires traitant principalement de morphologie foliaire (*Recherches sur les inflorescences épiphylles*, 1891 ; *Sur les bractées florifères*, 1893 ; *Sur les phyllomes hypopeltés*, 1896 ; *Sur les feuilles peltées*, 1899 ; *Sur un Ficus à hypoascidies*, 1901 ; *Nouvelle étude sur les hypoascidies de Ficus*, 1902 ; *Feuilles à épiascidie et à hypoascidie*, 1902). Dans toutes ces recherches, C. de Candolle fait connaître un grand nombre de faits nouveaux importants, et il est certain que, chez les Thallophytes (dont l'auteur ne parle pas), l'origine des phyllomes résulte, comme d'ailleurs pour les tiges, de différenciations de l'ordre de celles qu'évoque l'auteur, au dépens d'un thalle moins évolué et en rapport avec une division progressive du travail physiologique. Mais chez les plantes vasculaires, à part quelques cas spéciaux très difficiles, la distinction entre rameau et phyllome repose sur un ensemble très complexe de caractères, d'origine fort ancienne, parmi lesquels les caractères anatomiques ont peut-être été surestimés par l'auteur ; cet ensemble de caractères ne peut sans inconvénient être réduit à une formule de simplicité lapidaire telle que celle rappelée plus haut. Au surplus, les interprétations que C. de Candolle a données des inflorescences épiphylles se sont heurtées, de la part des morphologistes, à des objections d'ordre organogénique parfois, plus souvent encore tirées de la morphologie comparée. Ce point est intéressant parcequ'il touche à une particularité de la tournure d'esprit de notre regretté collègue. Ses écrits, comme sa conversation, le montrent en effet comme très peu influencé par les idées évolutionnistes, d'où il résulte que les solutions qui paraissent exigées par la phylogénie n'étaient souvent pas celles auxquelles il s'arrêtait.

Nous passons sur les nombreuses *notes tératologiques* de C. de Candolle — quel que soit d'ailleurs l'intérêt de plusieurs d'entre elles — pour nous arrêter brièvement sur ses travaux de *phyllotaxie*, travaux auxquels il avait été préparé par de solides études mathématiques. Dès 1865 (*Théorie de l'angle unique en phyllotaxie*), il a défendu l'idée que les séries de cycles qu'on retrouve chez diverses plantes, ou dans les diverses parties d'une même plante, correspondent chacune à un seul et même angle de divergence qui serait compris entre $^1/_2$ et $^1/_3$. Dans ses *Considérations sur l'étude de la phyllotaxie* (1881 et 1882), C. de Candolle quitte le champ des considérations purement mathématiques pour se placer sur le terrain adopté

par Schwendener: celui de l'examen des rapports réciproques des feuilles lors de leur apparition sous la forme de primordium. Il est d'accord dans une large mesure pour envisager avec Schwendener la disposition primitive des organes foliaires comme dépendant du rapport qui existe entre l'étendue de la surface sur laquelle ils se forment et la portion de cette surface occupée par ces organes qui se touchent mutuellement par leur base. Mais il conteste formellement que les changements de position relative qui ont lieu plus tard puissent résulter de la pression exercée par les organes les uns sur les autres par suite de l'inégal accroissement en largeur et en longueur de l'axe qui les porte. Or, les recherches faites depuis cette époque ont établi que, dans beaucoup de cas, il n'y a pas de contact entre les primordium, de sorte qu'ils ne peuvent exercer de pression les uns sur les autres. C'est une vérification éclatante des idées de C. de Candolle. Dans un mémoire plus récent (*Nouvelles considérations sur la phyllotaxie,* 1895), notre collègue a développé à nouveau ses idées en les appuyant sur un ingénieux appareil de démonstration. Il attribue avec raison une large part aux causes efficientes intérieures, dont les plus importantes nous sont inconnues, dans l'arrangement géométrique des organes foliaires sur les axes.

En *physiologie,* on doit à C. de Candolle plusieurs travaux fort intéressants. Son attention avait été attirée sur les plantes carnivores par le livre classique de C. Darwin, ce qui l'a amené à étudier *la structure et les mouvements des feuilles du Dionæa muscipula* (1876). Si quelques-unes des conclusions de ce mémoire sur la Dionée ont été infirmées par les recherches ultérieures — ce qui est presque inévitable dans ce domaine — il convient d'insister sur les intéressants détails anatomiques (alors nouveaux) et physiologiques (mécanisme du mouvement des valves) que renferme ce travail. — En 1877 (*Observations sur l'enroulement des vrilles*), C. de Candolle a donné de curieuses notes sur la manière dont les changements dans le sens de l'enroulement se produisent dans les vrilles, montrant que ces changements sont dus à des causes purement mécaniques. — Très importantes au point de vue physiologique, et par les applications qu'on peut en faire en écologie, ont été les recherches exécutées par C. de Candolle en collaboration avec M. Raoul Pictet, puis seul, relativement à *l'action des basses températures sur la faculté germinative des graines* (1879, 1884, 1895), puis, dans un ordre d'idées analogue, sur *les effets de la température de fusion de la glace sur la germination* (1886), montrant que des froids même excessifs ne diminuent en rien le pouvoir germinatif des semences dans la majorité des cas. — La découverte faite par Sachs de l'action importante que les *rayons ultra-violets* du spectre solaire exercent sur les plantes amena C. de Candolle à étudier de plus près cette action dans la *formation des fleurs.* Ces expériences, faites sur des Capucines et des Lobelia, confirment l'affirmation de Sachs que l'absence de

rayons ultraviolets diminue très notablement la floraison ; par contre, les rayons ultraviolets compris entre les raies H et N du spectre solaire favorisent la floraison de certaines espèces. — Notre collègue avait d'ailleurs l'œil ouvert sur toutes les sciences, et suivait particulièrement les travaux des physiciens, ce qui lui a permis, à plusieurs reprises de faire des rapprochements ingénieux intéressant la cytologie (*Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau et autres phénomènes analogues*, 1883 ; *Analogie entre les aspérités des parois des cellules végétales et les rides de frottement*, 1883 ; *Sur les causes de l'orientation des matières protoplasmiques dans la caryocinèse*, 1890).

On a vu plus haut que C. de Candolle était resté très en dehors du mouvement d'idées et des travaux qui ont donné un grand essor à la géographie botanique, ce qui, indépendamment de son tempérament, est peut-être dû au fait qu'il n'a jamais touché à la floristique. De même, la biologie, et sa forme plus spéciale de l'écologie, lui sont constamment restées étrangères. On peut bien relever parmi ses travaux une *Note sur les propriétés hygroscopiques de l'Asteriscus pygmaeus* (1886) et un article plus étendu intitulé *Questions de morphologie et de biologie végétales* (1903). Mais ce dernier travail — qui renferme d'intéressantes observations sur la répétition de formes foliaires juvéniles dans les bourgeons adventifs — évite plutôt qu'il ne recherche les problèmes biologiques. Et ceci nous amène à constater un côté négatif de l'esprit de C. de Candolle. Autant il s'intéresse à l'étude des causes *efficientes* d'un phénomène ou d'une organisation donnée, autant il s'efforce d'ignorer le point de vue téléologique, dans le sens biologique de ce mot. Cette attitude — qui serait difficilement explicable chez un évolutionniste pour lequel les notions de structure et de fonction, de solidarité entre le milieu et l'organisme sont étroitement liées — s'allie assez bien avec l'espèce d'agnosticisme que professait C. de Candolle vis-à-vis des théories évolutionnistes, qu'elles relèvent de Lamarck, de Darwin, de Naegeli ou de De Vries. On peut, il est vrai, citer quelques cas dans lesquels il a émis des idées de cet ordre — par exemple lorsqu'il a invoqué l'existence d'un angle phyllotaxique unique comme argument en faveur d'une origine commune des Phanérogames et des Cryptogames vasculaires (1865), ou lorsqu'il a signalé l'intérêt des monstruosités « taxinomiques » au point de vue des théories évolutionnistes (*Remarques de tératologie végétale*, 1897) — mais ces cas sont rares. Le plus souvent notre collègue évitait d'aborder ces sujets dans la conversation. Sa réserve en ces matières était même telle que nous n'oserions pas caractériser, même et surtout sommairement, ses idées philosophiques. D'ailleurs, extrêmement indépendant en matière de science comme dans tous les autres domaines, il ne se laissait jamais influencer par l'opinion prédominante ou par les théories du jour, quelles que fussent les autorités qui les présentaient, poursuivant avec persévérance

la ligne de conduite qu'il estimait juste et vraie. Ce culte désintéressé de la vérité, auquel il est resté fidèle toute sa vie, est un des beaux côtés de son caractère.

Enfin, il y aurait lieu — pour être quelque peu complet — de rappeler que C. de Candolle a contribué à l'histoire de la science par sa belle biographie de *Marc Micheli* (1902), par une notice sur *la vie et les travaux de C.-B. Clarke* (1906), et par ses trois rapports annuels comme président de la Société de physique et d'histoire naturelle (1883, 1892 et 1897). On peut en dire autant des très nombreux comptes rendus bibliographiques qu'il a fournis aux *Archives des sciences physiques et naturelles*.

C. de Candolle s'est toujours rigoureusement tenu à l'écart de la politique. Il a constamment soutenu de toutes ses forces les entreprises destinées à développer la vie scientifique dans notre pays : les *Archives des sciences physiques et naturelles* (du Comité de rédaction desquelles il était un membre assidu), la Société académique et l'Université, spécialement l'Institut botanique, la Société de lecture, la Société auxiliaire des sciences et des arts, la Société des arts, la Société botanique de Genève (qu'il a présidée plusieurs fois), la Société helvétique des sciences naturelles, la Société botanique suisse, d'autres encore en ont fait mainte fois l'expérience. Il a fait partie de 1869 à 1874 de l'ancienne commission administrative de l'Herbier Delessert et a souvent témoigné de son intérêt au Jardin botanique. Reçu membre de la Société de physique et d'histoire naturelle en 1861, il en a été président trois fois (1882, 1891 et 1896) et suivait assidûment nos séances. C. de Candolle était un désintéressé et un modeste : rien ne trahissait chez lui la recherche de la célébrité; il avait la réclame personnelle en horreur. Malgré cela, sa haute valeur a été reconnue par un grand nombre de corps scientifiques en Suisse et à l'étranger. Parmi les sociétés qui l'ont appelé à figurer au nombre de leurs membres, citons : les Sociétés des sciences naturelles des cantons de Vaud, Valais et Bâle, la Société botanique de France, la Société des sciences naturelles de Cherbourg, la Société botanique d'Edimbourg, la Société impériale des naturalistes de Moscou, la Société royale d'horticulture de Londres, la Société linnéenne de Londres, la Société royale de botanique de Belgique, la Société botanique du Brandebourg, la Société botanique allemande, l'Association britannique pour l'avancement des sciences, etc., etc. Il était docteur *honoris causa* des universités de Rostock (1877), Genève (1899), Aberdeen (1906) et Upsal (1907). La vénération des botanistes pour C. de Candolle a trouvé son expression dans la dédicace du genre *Casimirella* Hassler, de la famille des Icacinacées; parmi les espèces qui portent son nom, citons un lichen le *Biatora Casimiri* Müll. Arg., découvert par C. de Candolle lui-même au sommet de la Dent-du-Midi (Valais, 3260 m.).

C. de Candolle avait épousé, le 27 août 1863, Mlle Anne-Mathilde Marcet, fille

du conseiller d'Etat et professeur François Marcet. De cette union sont nés deux fils et deux filles. Il a eu la joie de voir un de ses fils, notre collègue Augustin de Candolle, continuer la tradition de la famille en se vouant à la botanique: exemple bien rare d'une vocation scientifique se perpétuant pendant quatre générations successives.

Au cours de sa laborieuse carrière, C. de Candolle a joui presque constamment d'une excellente santé. Il avait conservé jusqu'en 1916 la vivacité d'allures qui lui était propre et une ardeur au travail toute juvénile. Quand vint la longue et pénible maladie qui l'a emporté, il continua jusqu'au bout à lire les revues scientifiques, à correspondre, employant les phases de répit que lui laissait son mal à poursuivre l'étude de nouvelles Pipéracées, soignant les intérêts de sa bibliothèque et de son herbier. Après de longues souffrances stoïquement supportées, il s'est endormi paisiblement dans son cher Vallon, le 3 octobre 1918. Avec lui s'est éteint un homme de haute valeur, un savant qui faisait honneur à son pays et au nom qu'il portait, un ami aux conseils et à l'expérience duquel on était sûr de pouvoir en tous temps recourir. Nous apportons encore une fois ici à sa famille, et spécialement à notre collègue M. Aug. de Candolle, l'hommage de notre profonde sympathie.

PIETRO BLASERNA

Le fondateur de l'Institut de Physique de Rome était né en 1836 à Fiumicello près de Gorizia.

Né ainsi sujet autrichien, Blaserna fit ses études à Vienne, où il prit ses grades universitaires. Mais il est bientôt attiré vers Paris, où il travaille sous la direction de Regnault.

Il rentre dans sa vraie patrie, l'Italie, et il y fait une carrière rapide et brillante en occupant successivement les chaires de Physique à Florence, à Palerme et finalement à Rome. Fixé ainsi dans la capitale, Blaserna, comme tant d'autres savants italiens, est attiré par la politique. En déployant une activité intense, il mène de front ses devoirs de professeur et ses occupations d'homme public.

Il fonde à Rome le grand Institut universitaire et il préside l'Accademia dei Lincei; il est secrétaire du Comité international des poids et mesures; il publie des travaux intéressants sur l'électricité, la compressibilité des gaz, la couronne solaire, etc.

Comme homme public, Blaserna prend une part importante dans les conseils de son pays ; il est nommé sénateur, et dans ces dernières années, élu vice-président de cette haute assemblée, charge qu'il remplissait au moment où éclata le grand conflit mondial. Blaserna fut un chaud partisan de la décision que l'Italie choisit de prendre part à la lutte à côté des grandes puissances libérales de l'Occident.

Blaserna entretenait des relations très étendues parmi les savants et les hommes cultivés du monde entier, et il aimait particulièrement à rappeler les rapports d'amitié solide le liant avec plusieurs savants genevois qui avaient tenu à le rattacher à notre Société en le nommant membre honoraire en 1871.

JOHANN-WILHELM-FORTUNAZ COAZ[1]

(1822-1918)

Le doyen des naturalistes suisses, Jean Coaz, naquit le 31 mai 1822 à Anvers, où son père, le capitaine grison Jean Coaz était au service hollandais dans le 31me régiment suisse, qu'il quitta d'ailleurs peu après (1825) pour rentrer dans sa patrie avec le grade de major. Le jeune Jean suivit les écoles de Coire ; il était destiné à la carrière forestière, et comme il n'existait pas alors en Suisse d'école appropriée, il fit d'abord un stage pratique chez le maître-forestier de Coire et chez l'inspecteur cantonal, puis il alla continuer ses études à l'académie forestière de Tharand, où il suivit l'enseignement de Rossmässler, Cotta et Pressler. Il travailla ensuite quelque temps en Saxe dans diverses entreprises d'arpentage et d'exploitation de forêts.

L'activité de Coaz en Suisse se divise très naturellement en trois périodes. Dans la première (1844-1851), il a été occupé à des levers topographiques dans les hautes alpes grisonnes; dans la seconde (1851-1873), il a été forestier en chef du

[1] Notice rédigée par M. le Dr John BRIQUET. — L'auteur a utilisé les documents suivants : J. Coaz, *Aus dem Leben eines Schweizerischen Topographen von 1844-1851.* [Jahrbuch des S. A. C., vol. LII (1918)]; A. BERNOUD, *Docteur J. Coaz.* [Echo des Alpes, vol. LIV, p. 402-405 (1918)]; C. SCHRŒTER, *Oberforstinspektor Dr Joh Coaz,* 1822-1918, ein Nachruf. [Schweizer Schriften für allgemeines Wissen, nº 9 (1919)]. Les épreuves de cette dernière biographie, extrêmement complète et accompagnée d'un index des publications de Coaz, ont été obligeamment mises à notre disposition par M. le professeur C. Schrœter : nous lui en exprimons nos vifs remerciements.

canton des Grisons; dans la troisième enfin (1875-1914), il a été inspecteur en chef des forêts de la Suisse. Cette carrière représente soixante-dix ans de travail au service de l'Etat, dont quarante à la tête du service fédéral des forêts!

Comme topographe sous les ordres du général Dufour, Coaz avait son bureau fixe à Genève, au rez-de-chaussée du petit bâtiment de la Porte de Neuve, mais la plus grande partie de son temps s'écoulait sur le terrain. Coaz a préparé sept feuilles entières et partielles de l'Atlas topographique suisse (Davos, Closters, Bergün, Haute et Basse-Engadine, Misox). Il faut lire dans le compte-rendu qu'il a donné lui-même, âgé de 96 ans, dans le *Jahrbuch* du Club alpin suisse, le récit de ses expériences dans les hautes alpes grisonnes à cette époque. Pas de cartes, pas de refuges, bien peu d'hôtels. Les uns après les autres, il fit, en véritable pionnier de l'alpinisme et de la topographie, l'ascension de la plupart des hauts sommets de cette région. Son ascension de la cime de la Bernina (4055 m.), vierge jusqu'alors, en vingt heures de dure grimpée, est un tour de force qui apparait dans la sobre et modeste narration de Coaz comme quelque chose de tout naturel. A l'âge de 78 ans, Coaz a fêté le 50me anniversaire de son ascension à la Bernina en escaladant le Weismies (4031 m.) en Valais, et à l'âge de 90 ans il assistait, sans l'appui même d'un bâton, à l'inauguration de la cabane de la Silvretta. On ne voit plus guère d'alpinistes de cette trempe!... Indépendamment des remarquables travaux purement topographiques de cette époque, Coaz a écrit de nombreux articles d'alpinisme et de folklore se rapportant principalement au canton des Grisons et il a continué à le faire jusqu'à la fin de sa vie, avec la très courte interruption motivée par la guerre du Sonderbund, pendant laquelle il fonctionna comme secrétaire particulier du général Dufour.

Lorsque Coaz reprit sa vocation de forestier en 1851, il avait devant lui un imposant champ de travail: 140,000 hectares de forêt maltraitée et de forêt vierge; pour tout secours: un seul adjoint ayant une instruction scientifique. Tout était à créer: cours pour le personnel forestier subalterne, organisation de l'exploitation, reboisement, mesures contre la déforestation. Pendant cette période extraordinairement active de sa vie, Coaz habitait Coire où il devint fondateur de la section Rhætia du Club alpin suisse et fut bientôt avec Theobald, Killias, Kaiser, Lorenz et d'autres, l'âme de la Société grisonne des sciences naturelles. C'est aussi à cette époque (1852) qu'il épousa Pauline Lütscher, dont il eut trois fils et trois filles.

L'expérience acquise au service cantonal désigna Coaz en 1875 aux autorités fédérales pour remplir le poste d'inspecteur forestier fédéral en chef. Il dut alors venir habiter Berne, où il résida jusqu'en 1914, date à laquelle il prit sa retraite et retourna à Coire dans son canton d'origine. Ici encore l'activité de Coaz fut inlassable. Ce fut lui qui élabora l'avant-projet de loi fédérale relatif à la surveillance

forestière; puis, la loi une fois adoptée, il dut en assurer l'exécution, ce qui était entouré de mille difficultés de nature technique et politique, résultant des conflits de compétence entre la Confédération et les cantons. Mais Coaz était doué de l'énergie et de la ténacité qui caractérisent les montagnards: soutenu constamment par les autorités fédérales qui dotèrent convenablement son administration, il fit du service forestier fédéral un service modèle. Le rôle de Coaz comme inspecteur en chef était très varié. Relevé des emplacements réguliers d'avalanche (la Suisse en compte 9368!); protection des forêts et des cultures, contre les avalanches, en construisant au point de rupture de ces dernières; reboisement; construction de routes; mensuration de forêts; surveillance de la chasse et de la pêche: telles étaient les tâches qui lui incombaient.

A côté de cette prodigieuse activité professionnelle, Coaz était un naturaliste enthousiaste. Il a herborisé pendant près de 80 ans dans les Alpes suisses et connaissait bien la flore de notre pays, à laquelle il a apporté de nombreuses contributions (entre autres la découverte du *Primula glutinosa* et du *Cortusa Matthioli*). Son bel herbier, admirablement tenu, a été donné par lui, encore de son vivant, au musée botanique de l'Ecole polytechnique à Zurich. Il avait une prédilection pour les Conifères, dont il a introduit beaucoup d'espèces à Coire. En 1866, il a publié un article intéressant sur le repeuplement végétal du terrain laissé libre par le retrait des glaciers (traduit en français dans les *Archives des Sociétés physiques et naturelles*, pér. 3, t. XVII), sans compter de nombreuses autres notes de botanique forestière. Il a même laissé un manuscrit prêt à être imprimé sur les arbres exotiques des jardins de Coire et sur la culture de la vigne dans les Grisons. Enfin, on ne saurait oublier que c'est à son instigation qu'ont été exécutées plusieurs publications très importantes, en particulier les *Recherches sur la répartition des plantes ligneuses croissant spontanément en Suisse*, publication éditée avec luxe par le Département suisse de l'Intérieur, et dont trois livraisons formant un fort volume in-4°, admirablement illustré, ont paru jusqu'ici.

Coaz a encore été un initiateur en matière de protection des animaux et des plantes. Il avait préparé le terrain aux aspirations récentes dans ce domaine en publiant avec son adjoint Schönenberger le bel *Album des arbres de la Suisse* (25 feuilles in-folio avec texte, Berne 1896-1900), puis dans un format plus modeste, avec Muhmenthaler, les *Baum- und Waldbilder aus der Schweiz* (3 séries, Berne, 1908-1913).

Très importantes aussi sont ses publications sur les dégâts dus à la neige et aux eaux, sur les torrents, les avalanches et les glaciers. Parmi les travaux classiques de Coaz se rapportant à ce sujet, il faut citer les suivants: *Die Lawinen der Schweizeralpen* (Berne 1881, 147 p. in-8, 5 tableaux, nombreuses illustrations);

Statistik und Verbau der Lawinen in den Schweizeralpen (Berne 1910, 126 p., in-4, 78 pl., carte).

Enfin, Coaz a rendu un très grand service, non seulement aux forestiers, mais encore aux naturalistes en général, lorsqu'il a donné la bibliographie forestière complète se rapportant à la Suisse *(Bibliographie des Schweiz. Forstwesens,* fasc. V, 9 c de la Bibliogr. nat. suisse, 150 p. in-8, Berne 1894, et supplément p. 151-231, Berne 1907), ainsi que la bibliographie se rapportant à la pêche (même recueil, fasc. V, 9, c, Berne 1898).

Coaz avait atteint l'âge d'un patriarche (97 ans) lorsqu'il s'est éteint paisiblement le 18 août 1918, et cependant rien dans son extérieur n'aurait pu faire prévoir son extraordinaire résistance aux atteintes de l'âge. D'apparence plutôt chétive, il présentait une tête aux traits délicats : seuls la vivacité du regard et le menton décidé trahissaient l'énergie qui résidait en lui. Bienveillant, imposant le respect par la seule vertu de son expérience et de son caractère, laborieux, homme du devoir, tel a été Jean Coaz.

Coaz a joué un grand rôle dans la vie des sociétés suisses, petites et grandes. Il a été le premier président de la section Rhætia et, en 1865, le président central du Club alpin suisse. A la Société helvétique des sciences naturelles il a été longtemps membre, puis membre honoraire de la Commission des glaciers, et a fonctionné de 1886 à 1892, comme membre du Comité central à Berne. Il était membre des Sociétés des sciences naturelles des cantons des Grisons, Bâle, Berne, Fribourg et Vaud, sans compter de nombreuses autres associations. Il avait été élu membre honoraire de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève en 1902. Parmi les corps scientifiques étrangers qui ont tenu à faire figurer Coaz sur leurs rôles, rappelons l'Académie d'agriculture de France, dont il était membre correspondant. L'université de Berne avait décerné à Coaz le grade de docteur *honoris causa*.

JAMES ODIER [1]

M. James Odier, né à Genève en 1832, faisait partie de notre Société depuis 1864. Il était le doyen de nos associés libres. Par sa personnalité, son labeur, ses relations, James Odier a honoré notre ville.

[1] Cette note biographique ainsi que la suivante sont dues à l'obligeance de M. le prof. J.-L. Prevost.

Après un séjour aux Etats-Unis d'Amérique, il revint à Genève avec des vues nouvelles et un vif esprit d'entreprise. Il ne tarda pas à occuper une des places le plus en vue dans nos cercles financiers. Il fut administrateur et président d'un grand nombre de sociétés et il n'est pour ainsi dire pas une création ou un emprunt d'intérêt général auxquels il n'ait été appelé à coopérer.

Doué d'une culture étendue, il ne cessa, en dehors des affaires, de s'intéresser aux sciences naturelles. Il affectionnait en particulier les insectes dont il avait une belle collection. Alpiniste zélé et grand chasseur, il parcourut longtemps nos montagnes et nos vallées d'où il rapportait des trésors d'observation.

WILLIAM FAVRE

M. William Favre, né à Genève en 1848, était membre associé libre de notre Société depuis 1876. Il a acquis la reconnaissance éternelle de ses concitoyens par la donation à sa ville natale de la superbe propriété de la Grange.

Sans se spécialiser en aucun domaine William Favre avait acquis une culture générale étendue. Il s'occupait avec prédilection de travaux d'histoire, et surtout de questions militaires. Type accompli de gentilhomme, il était foncièrement bon et charitable. Il s'est notamment à plusieurs reprises employé à remédier à certaines crises de chômage en faisant exécuter de grands travaux dans sa propriété, pour y occuper les ouvriers sans travail. C'est un grand philanthrope qui disparaît.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES.

Astronomie-Météorologie.

M. Raoul GAUTIER. Quelques anomalies climatologiques de l'hiver et du printemps 1918.

Le même. La Nova Aquilae, observations faites à Genève et ailleurs.

Physique.

M. C.-E. Guye. Table pour le calcul des masses longitudinales, transversales et cinétiques dans la relativité.

M. A. Schidlof. Sur la vitesse de propagation d'un signal optique dans un milieu absorbant.

Le même. Encore une fois les sous-électrons.

Le même. Sur la méthode des Gabeln.

Le même. Remarque sur la photophorèse négative.

M. Alex. Müller. Note sur la limite du spectre des rayons X et la loi des quanta.

Chimie.

M. Briner. Sur la vitesse d'oxydation de l'oxyde d'azote en relation avec le problème industriel de la récupération des oxydes d'azote.

Le même. A propos de la formation de l'ammoniaque aux températures élevées.

M. Amé Pictet. Essai de synthèse dans le domaine des sucres.

MM. Amé Pictet et Marc Cramer. La distillation de l'albumine dans le vide.

M. Jean Sarasin. Distillation de la cellulose et de l'amidon dans le vide.

Géologie et minéralogie.

M. H. Lagotala. Sur la géologie des environs de St-Cergue.

M. Reinhard. Interprétation tectonique du gisement de pétrole de Santa-Clara-Valley, en Californie.

M. R. Sabot. La méthode de Fédoroff et son application à la détermination des Feldspaths.

Botanique.

M. John Briquet. Sur la morphologie et la biologie du genre Micropsis. D. C.

Le même. Les bractées paléales et l'organisation florale du genre Psilocarphus Nutt.

Le même. Sur la morphologie et la biologie de la fleur et du fruit du Diaperia prolifera Benth.

Le même. Les fruits du Diaperia multicaulis Benth et Hook.

M. B. P.-G. HOCHREUTINER. L'allongement des nœuds du Cratoxylon floribundum Vill. (Guttiferæ.)

Le même. Une ascidie terminale chez un plant de chou-fleur.

Le même. La fonction « lodiculaire » des corpuscules hypogynes chez les Guttifères.

Zoologie.

M. Alf. BÉTANT. L'action du sulfate de cuivre sur le plankton.

M. Arnold PICTET. Sur l'origine du dimorphisme sexuel chez les Lépidoptères.

Le même. Intervention de l'élévation de température pour provoquer l'éclosion des Papillons.

Physiologie. Embryologie. Psychologie.

M. F. BATTELLI. Méthode pour préciser le point d'application des substances chimiques dans la profondeur des centres nerveux.

Le même. Méthode pour rétablir le rythme normal dans les cœurs en trémulations fibrillaires.

M. N. BETCHOV. Systématisation branchiale des nerfs craniens.

Le même. Vitesse de propagation des ondes du pouls veineux chez l'homme.

M. Ed. CLAPARÈDE. Sur une méthode de mesure de la connaissance d'une langue étrangère.

Le même. Les deux formes fondamentales de l'acte de l'intelligence.

MM. L. STERN et Raymond GAUTIER. Passage simultané des substances dans le liquide céphalo-rachidien et dans les centres nerveux.

Les mêmes. Le passage dans le liquide céphalo-rachidien de substances introduites dans la circulation et leur action sur le système nerveux central chez les différentes espèces animales.

MM. L. STERN et E. ROTHLIN. Effets de l'application locale du curare sur les différentes parties du cervelet.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXV (1884-1918). Prix Fr. 35

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6



Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

FASCICULE 3

RAPPORT PRÉSIDENTIEL POUR L'ANNÉE 1919
par J. CARL

LES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE L'ARVE
par Raoul BOISSIER
(Avec 2 planches.)

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PRIX : Fr. 6

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 3, VOLUME 39

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 3.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1919

PAR

J. CARL

Messieurs et chers Collègues,

L'année écoulée débuta pour notre Société sous d'heureux auspices. Trois membres ordinaires, actifs dans les laboratoires de notre université, vinrent grossir nos rangs. L'Europe occidentale étant retournée à l'état de paix, on pouvait espérer que les études scientifiques reprendraient tous leurs droits et qu'il en résulterait une recrudescence rapide de l'activité des sociétés savantes, au moins dans les pays neutres. Cet espoir ne s'est pas réalisé complètement. Les préoccupations pratiques continuèrent à dominer sur les aspirations d'ordre idéal et le progrès réalisé sur les années précédentes fut peu sensible, si on peut en juger par la fréquentation de nos séances et le nombre des communications qui y furent présentées. Cependant, dans les pays qui nous environnent, la vie scientifique com-

mence à sortir de sa torpeur et les relations avec les sociétés savantes de l'étranger se sont en partie renouées. Plusieurs de celles-ci ont été très sensibles à l'offre que nous leur avons faite, de reconstituer dans leurs bibliothèques les séries de nos publications qu'une aveugle fureur avait détruites.

A la séance annuelle de la Société helvétique des sciences naturelles, qui eut lieu à Lugano, nos membres ont eu l'occasion de reprendre contact avec leurs collègues suisses et de donner leur adhésion provisoire à une modification importante dans les rapports de nos sociétés cantonales avec la Société helvétique. Désormais nous participerons à la direction de celle-ci d'une manière plus directe et plus efficace. Dans une de nos dernières séances, vous avez par votre vote unanime scellé le nouveau pacte et désigné comme porte-paroles au sein du sénat de la Société helvétique, MM. A. Brun et L. W. Collet.

Notre Société était représentée à Lugano par MM. Amé Pictet et Frédéric Reverdin. M. Charles Sarasin a bien voulu apporter nos félicitations et nos vœux à notre membre honoraire, M. le prof. Alb. Heim, à Zurich, à l'occasion de son 70me anniversaire. Un autre membre honoraire, M. le Dr Fritz Sarasin, à Bâle, a célébré le 3 décembre, dans l'intimité, son 60me anniversaire ; votre président lui a adressé à cette occasion, par télégramme, vos félicitations. M. John Briquet représenta notre Société à Lausanne, à la fête du centenaire de la Société vaudoise des sciences naturelles. Enfin, votre président fut convié à la remise à l'Université du buste de M. Casimir de Candolle ; il se fit votre interprète pour rappeler tout ce que notre Société doit à quatre générations de cette famille de savants.

Si notre Société n'a pas brillé pendant l'année écoulée par le nombre des travaux qui lui furent présentés, elle a en revanche pris sous ses auspices l'exécution d'une œuvre de grand intérêt scientifique et pratique. Dans la première séance de février, notre dévoué secrétaire, M. Joukowsky, signala la présence aux archives de l'Etat de l'original d'une carte du canton de Genève levée par le général Dufour en 1837, à l'échelle de 1 : 12500. Il fit ressortir les grands avantages de cette carte et insista sur l'utilité de sa publication. Notre Société adhéra sans hésitation à cette idée et désigna une commission chargée de faire les premières démarches et les études préliminaires en vue de la publication. Les membres de cette commission, MM. Joukowsky, Emile Chaix et Collet, se mirent immédiatement en rapport avec les autorités cantonales d'une part et avec la maison d'édition Kümmerly et Frey d'autre part. L'intérêt que nos autorités portent à cette entreprise, la bonne volonté qu'ont mise MM. Kümmerly et Frey à l'exécution d'une épreuve et surtout la compétence et le dévouement de notre commission, font bien augurer du résultat final. Dans l'état actuel de la question, il ne s'agit pas seulement de publier la carte à courbes de niveau levée par le général Dufour, mais d'y introduire en même

temps la planimétrie actuelle sur la base du cadastre et de doter le public genevois d'une carte moderne, répondant aux besoins les plus divers. Notre Société, dégagée de toute responsabilité matérielle, conservera la haute surveillance de l'exécution de cette œuvre. Qu'il me soit permis d'exprimer en votre nom aux membres de la commission de la carte Dufour, et à son infatigable rapporteur, M. Joukowsky, en particulier, toute notre gratitude pour le grand dévouement dont ils ont fait preuve dans cette première étape de leur mandat.

Dans la seconde année de leur existence indépendante, nos comptes rendus ont affirmé leur vitalité grâce aux soins éclairés que M. Joukowsky voue à leur rédaction et grâce aussi à la bonne volonté que la plupart des auteurs mettent à observer les règles adoptées pour la publication.

Notre Société a élu en 1919 deux membres honoraires, M. Paul Choffat, géologue à Lisbonne, et M. A. Jaquerod, physicien, recteur de l'Université de Neuchâtel. La mort, qui épargna notre Société dans les premiers mois de l'année, fit ensuite des lacunes très sensibles dans nos rangs. Nous déplorons le décès de trois membres honoraires, MM. Paul Choffat, Emile Fischer et Alfred Werner, de deux membres ordinaires, MM. Sigismond Reich et Edmond Weber, et d'un associé libre, M. Pierre Pictet. Nous retracerons tout à l'heure la carrière scientifique de nos collègues disparus.

Vous êtes appelés ce soir à désigner le vice-président pour 1920, ainsi que trois membres du comité. Nos trois secrétaires et notre trésorier veulent bien consentir à rester à leur poste. J'exprime à ces dévoués collaborateurs ma profonde reconnaissance pour l'aide que j'ai trouvée auprès d'eux pendant l'année de ma présidence.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

EDMOND WEBER

(1864-1919)

Le 1er décembre, nos membres furent surpris d'apprendre le décès de leur collègue Edmond Weber. Une maladie interne incurable eut raison de cette nature robuste dans l'espace de six semaines.

Edmond Weber était né à Genève le 8 novembre 1864. Il fréquenta le collège de notre ville, où il noua de nombreuses et solides amitiés. Inscrit à l'Université dès 1883, il cultive au début à la fois les lettres et les sciences, acquiert en 1884 le diplôme de bachelier ès lettres et, une année plus tard, celui de bachelier ès sciences

physiques et naturelles. A cette époque, il se sentait attiré vers la médecine; mais en cours de route, l'enseignement de Carl Vogt et l'encouragement direct que lui prodiguait sans cesse ce savant éminent, l'enthousiasmèrent pour la zoologie. C'est aux Rotateurs, petits invertébrés habitant nos eaux douces, qu'alla dès le début son intérêt. Les premiers fruits de ses recherches se trouvent déposés dans sa thèse de doctorat intitulée: « Notes sur quelques Rotateurs des environs de Genève », parue en 1888. Ce premier essai suscita de la part d'un collègue anglais anonyme une critique très acerbe, qui montre surtout que le jeune naturaliste s'était risqué sur un terrain encore peu déblayé, où l'expérience technique joue en outre un rôle considérable. Cet insuccès, plus apparent que réel d'ailleurs, ne fut pas de nature à détourner Weber de son étude préférée. Toute sa carrière scientifique est vouée à la connaissance des Rotateurs, dont il suit jour par jour les progrès, en corrigeant ses premières conceptions et en étendant toujours plus le champ de ses observations personnelles, qu'une absence prolongée des bords du Léman ne semble pas avoir interrompues.

Ses études universitaires terminées, Weber fit un stage de six mois à la station zoologique de Naples. Ensuite il occupa pendant une série d'années le poste de conservateur des pêches maritimes à la station zoologique de Villefranche, où il se fit vivement apprécier par le directeur de la station, le professeur Korotnef. Villefranche fournissant à cette époque à nos laboratoires universitaires le matériel pour l'enseignement de la zoologie, Weber se trouve de ce fait en relations suivies avec de nombreux collègues, qui sont unanimes à reconnaître les beaux résultats de ses méthodes de fixation et de conservation de la faune marine.

Lorsqu'en 1895 le nouveau directeur du Musée de Genève entreprit la réorganisation de nos collections, Weber fut appelé à l'assister dans cette tâche. La grande expérience technique et administrative qu'il s'était acquise à Villefranche le désignait tout particulièrement pour ce poste. Les fonctions absorbantes d'assistant au Musée, pendant la période de réorganisation, ne purent le distraire cependant de ses préoccupations scientifiques. Le lac, les étangs et les marais du canton, ainsi que les mousses de nos forêts, lui avaient fourni pendant les étés de 1888 à 1890 un matériel assez riche et varié, pour qu'il pût entreprendre l'étude monographique de nos Rotateurs sur une base très large. Cette étude fut publiée en 1897-98 dans la *Revue suisse de Zoologie;* elle comprend plus de 500 pages et 15 planches coloriées. L'auteur s'y est appliqué à décrire chaque espèce d'une façon très exacte, quoique concise, et à éclairer les diagnoses par un nombre considérable de croquis; la partie synonymique et bibliographique de ce travail se trouve à la hauteur de la partie descriptive. Une étude de cette envergure, à laquelle tous les spécialistes reconnaissent un caractère très personnel, ne pouvait

manquer de stimuler les recherches sur ce groupe. En facilitant grandement la détermination des espèces, elle permit en outre aux hydrobiologistes de prêter aux Rotateurs toute l'attention qu'ils méritent, en raison de leur grande fréquence dans les eaux douces et de leur très intéressante variation locale et saisonnière. Grâce à leur reproduction dans un ouvrage de détermination moderne et très répandu, la « Süsswasserfauna Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz », les figures des Rotateurs dessinées par Weber intéresseront un nombre toujours plus grand de chercheurs et porteront au loin le nom de notre collègue. Pendant les vingt ans qui suivirent la publication de sa monographie, Weber fit surtout œuvre de bibliographe et d'iconographe, en collectionnant sur fiches les figures et les diagnoses de Rotateurs parues dans des périodiques et des ouvrages rares. Cette collection, qui constitue un complément très utile de sa monographie, facilitera considérablement la tâche d'un successeur dans cet ordre de recherches. Constamment mis à contribution par des collègues spécialisés dans la même branche, Weber ne cessa de les aider de ses conseils dans des questions de bibliographie ou de synonymie. A son tour, il a trouvé dans la personne de M[lle] G. Montet une collaboratrice avisée et consciencieuse, lorsqu'il s'est agi de l'étude des Rotateurs pour le « Catalogue des Invertébrés de la Suisse », que publie notre Muséum. Ce fut sa dernière publication. Une revision des familles de cet ordre, qu'il avait préparée avec soin, ne put voir le jour à cause des grandes difficultés de publication qu'amena la guerre. Enfin, un mémoire concernant la taxonomie de nos campagnols, pour lequel il avait réuni des documents photographiques, reste inachevé.

Dans ses fonctions d'assistant au Muséum, qu'il exerça pendant vingt-quatre ans, Weber fit preuve du même esprit d'ordre et d'exactitude minutieuse qui l'avait guidé dans ses études sur les infiniment petits.

Nos sociétés scientifiques n'ont jamais exercé sur lui un grand attrait. Dans la nôtre, il ne comptait pas parmi les membres assidus à nos séances et n'occupa aucune charge en vue; en revanche il nous a rendu, depuis la maladie de M. Frey-Gessner, de grands services en assumant le contrôle et l'inscription des périodiques que nous recevons en échange de nos publications. Son sens pratique et sa serviabilité s'affirmèrent une fois de plus dans l'aide qu'il prêta à l'organisation de nos dépôts dans les sous-sols de la bibliothèque publique.

SIGISMOND REICH [1]

(1883-1919)

Sigismond Reich est né en 1883 à Sieradz (Pologne russe). Il fit ses premières études au Gymnase de Kalisch, puis suivit des cours de mathématiques aux Universités de Berlin et de Zurich. Mais il abandonna vite cette branche pour la chimie. De 1904 à 1909, il fréquente les laboratoires de l'Université de Berne, et y est reçu docteur en philosophie, avec une thèse de chimie minérale, faite sous la direction du professeur Friedheim.

C'est toutefois la chimie organique qui l'attirait surtout. Il vint l'étudier à Genève en 1909 et ne quitta plus dès lors notre Université. Assistant au laboratoire de chimie organique en 1911, privat-docent en 1914, lauréat de la Société suisse de chimie en 1917, il n'a cessé de se consacrer à des recherches d'ordre purement scientifique. Naturalisé Genevois en 1912, il s'intéressait vivement à tout ce qui touche à notre vie intellectuelle. Il ne fut cependant reçu membre ordinaire de la Société de physique et d'histoire naturelle qu'en 1917.

Ses fonctions d'assistant, auxquelles il s'est entièrement voué pendant huit ans, répondaient bien à ses aptitudes. Reich était, en effet, particulièrement doué pour l'enseignement; son esprit très clair, ses facultés d'exposition, son enthousiasme pour toutes les questions de la chimie, faisaient de lui un maître hautement apprécié des nombreux étudiants dont il eut à diriger les débuts, et plus tard les travaux de doctorat. Une vingtaine de thèses sont sorties de cette collaboration. Elles roulent presque toutes sur des sujets de stéréochimie, qui était le sujet de prédilection de Reich, et en particulier sur le problème de l'empêchement stérique. Il en avait proposé une solution ingénieuse, et il s'appliquait à la corroborer par des observations aussi nombreuses que possible, mais qui exigeaient du temps et des recherches aussi variées que délicates.

Malheureusement ce travail de longue haleine, qu'il avait entrepris avec ses élèves, et qu'il poursuivait avec une patience et une persévérance inlassables, fut brusquement interrompu par une grave maladie, dont Reich fut atteint dans l'été 1918. Les soins que lui prodigua une épouse dévouée ne parvinrent pas à enrayer les progrès du mal, et notre collègue y succombait le 11 octobre 1919.

La mort de Reich a été une très grande perte, non seulement pour notre Ecole de chimie, mais pour la science en général, car les travaux qu'il a fait

[1] Notice rédigée par M. le Prof. Amé Pictet.

paraître dans ces huit dernières années dénotent un esprit clair et original, ainsi qu'une grande habilité expérimentale, et laissaient prévoir pour leur auteur un brillant avenir scientifique.

PAUL-LÉON CHOFFAT[1]
(1849-1919)

Né à Porrentruy le 14 mars 1849, Paul-Léon Choffat a fait ses premières études dans sa ville natale, de 1861 à 1868, à l'école cantonale. D'après une autobiographie que possède la famille du défunt, c'est par des courses faites avec les professeurs Ducret et Thiessing, de cette école, qu'il a pris le goût de la géologie.

De 1871 à 1874, il suit les cours de l'Ecole polytechnique, à Zurich, où il fut nommé privat-docent en 1875, puis en 1876 à l'Université. Il a conservé ces fonctions jusqu'en 1883, date de sa démission.

C'est en 1874 que commence la série des publications de Paul Choffat sur le jurassique supérieur du Jura. Ses travaux sur le terrain, qui se distinguent dès le début par le souci de la précision, ont contribué pour une très large part à établir sur des bases solides la connaissance des faciès et ont abouti à la synthèse d'un mouvement de déplacement vers le S.-E. de la limite des faciès septentrional et méridional au fur et à mesure qu'on monte la série stratigraphique. L'auteur en a donné dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* de 1875 un résumé qui marque la date où la lumière s'est faite sur cette importante question. La conséquence en fut la suppression du terme de corallien dans la nomenclature stratigraphique. La série des travaux sur le jurassique est longue et les publications qui s'y rattachent se trouvent dans divers périodiques suisses et étrangers. Elle représente la première et très féconde période de recherches, et s'échelonne de 1874 à 1897.

Mais, dès 1879, Paul Choffat agrandit beaucoup son champ d'action en entrant comme collaborateur au service géologique du Portugal, où sa connaissance des terrains jurassiques était de nature à apporter un précieux concours.

C'est en 1885 que débute la suite des publications sur la géologie du Portugal, dont la première est un aperçu sur les établissements géologiques du pays. Viennent ensuite des notes qui constituent un plan d'organisation des travaux sur le terrain, des notices nécrologiques sur les savants qui ont étudié la géologie du Portugal, ainsi qu'une bibliographie complète qui a paru par fascicules.

Parallèlement avec les travaux précédents, Paul Choffat poussait ses recherches sur les terrains jurassiques et crétacés ainsi que sur les roches éruptives, sans

[1] Notice rédigée par M. le Dr E. Joukowsky.

perdre de vue les études géographiques qui s'y rattachent intimement. Les importants resultats de ces recherches sont consignés dans des mémoires parus de 1880 à 1904; quelques-uns portent, à côté du nom de Choffat, ceux de divers collaborateurs, parmi lesquels nous trouvons celui de Perceval de Loriol. Les matériaux recueillis étaient variés et si abondants, qu'aucun homme n'eût pu prétendre les étudier à lui seul, étant donné le degré actuel de la spécialisation. On retrouve dans la partie stratigraphique, des synthèses sur le problème paléogéographique dont nous avons déjà parlé: les limites de faciès septentrionaux et méridionaux dans les mers secondaires. Le nom de Paul Choffat restera lié à la connaissance de ces questions. Ses recherches ont porté sur des domaines variés et appartiennent à toutes les branches de la géologie. La diversité de ces recherches et les résultats qu'elles ont donnés sont la preuve de belles qualités d'adaptation.

Il serait trop long de donner une liste complète des travaux de Choffat. Nous renvoyons à la liste qu'il en a publiée dans les « Communications du service géologique ». Pour caractériser son activité au Portugal, il suffit de dire qu'on peut, à bon droit, le considérer comme le principal artisan de la constitution du service géologique de ce pays. Il est désirable que l'esprit scientifique qu'il y a apporté et qui s'est manifesté dans les belles cartes que ce service a publiées, reste toujours le guide des travaux qu'on y entreprendra.

Ses récoltes sur le terrain alimenteront encore des travaux, sans parler de l'œuvre synthétique, qu'il laisse à peu près achevée, sous le titre de « Carte des régions éruptives au Nord du Tage », et qu'il avait l'intention de publier à l'échelle de 1:100000. Des circonstances spéciales, indépendantes de sa volonté, en ont retardé la publication. Il est permis d'espérer qu'elle se fera, et l'on peut dire plus: il faut qu'elle soit faite, tant par raison d'utilité que comme hommage à la mémoire d'un travailleur infatigable et consciencieux qui n'a pas trouvé, vers la fin de sa carrière scientifique, la déférence à laquelle il avait droit.

EMILE FISCHER

(1853-1919)

Dans l'intervalle de deux ans, la chimie organique a été privée de deux de ses représentants les plus féconds et les plus illustres. Les noms d'Adolf Bayer et d'Emile Fischer resteront à jamais associés par l'ampleur du travail qu'ils ont accompli comme par l'impulsion qu'ils ont donnée à leur science.

Descendant d'une famille de commerçants, Emile Fischer semblait destiné à se

vouer au commerce. Mais son penchant naturel l'attirant vers les études, il quitta l'apprentissage pour s'inscrire à l'Université de Bonn et, deux ans plus tard, à celle de Strasbourg, où Adolf Bayer venait d'organiser l'Institut de chimie. En qualité d'assistant de Bayer il se révèle déjà bon observateur et expérimentateur habile. La découverte de la phénylhydrazine, qu'il fit à Strasbourg, devint le point de départ d'une grande série de synthèses très importantes. Lorsque son maître fut appelé à Munich, en 1875, Fischer l'y suivit. A côté de ses recherches sur les hydrazines, il réussit à établir la constitution des colorants du groupe de la rosaniline. Ces succès lui valurent un appel comme professeur ordinaire à Erlangen, qu'il quitta en 1885 pour prendre la direction du laboratoire de chimie de Wurzbourg.

La période de 1884 à 1894, la plus féconde de toute sa carrière, est marquée par une orientation nouvelle de ses recherches. La synthèse des principaux produits du monde animal et végétal devint le but ultime de ses efforts. Lorsqu'il quitta Wurzbourg pour occuper à Berlin la première chaire de chimie de l'Empire allemand, Fischer, âgé alors de trente ans seulement, avait déjà résolu l'énigme de l'acide urique, élucidé la constitution des monosacharides et ouvert la voie à la synthèse des glucosides qui devait consacrer sa réputation mondiale. Ce travailleur infatigable a, pendant toute sa carrière, réussi à poursuivre simultanément plusieurs problèmes des plus difficiles et à les scruter jusque dans leurs plus fines ramifications. Les études sur les glucosides qu'il continue à Berlin jusqu'à la fin de sa vie, ne l'empêchent pas de reprendre les recherches sur l'acide urique dans ses rapports avec le groupe des xanthines, qui se trouvent dans le noyau des cellules et y jouent sans doute un rôle biologique important. Après avoir démontré, à Erlangen déjà, que la purine constitue la base commune de l'acide urique et des xanthines, il réussit à obtenir la purine en partant de l'acide urique, à établir par la voie expérimentale les affinités de structure entre cet acide et les xanthines et à synthétiser plusieurs xanthines et quelques-uns de leurs dérivés, comme la théobromine et la caféine. Ses études sur les purines et les sucres culminent dans la démonstration expérimentale des rapports qui existent entre ces deux groupes de corps en apparence si étrangers les uns aux autres. Enfin les protéines, les corps chimiques les plus compliqués qu'on trouve dans la nature, deviennent à leur tour une de ses grandes préoccupations. Il contribue à la compréhension de leur structure par l'analyse d'abord et réussit ensuite dans la synthèse des polyleptides les plus compliqués.

La renommée que valurent à Fischer ses succès dans la construction synthétique des sucres fait souvent oublier les énormes services qu'il a rendus à l'industrie, à la technique et à la médecine. Nous avons déjà fait mention de l'intérêt qu'il

porta de bonne heure aux matières colorantes et aux dérivés de l'hydrazine. Dans un domaine plus restreint, on lui doit la découverte des qualités de l'éosine comme colorant différentiel des tissus animaux. Au cours de recherches poursuivant un but purement scientifique et comme par hasard, Fischer enrichit la pharmacopée de nombreux remèdes, parmi lesquels le véronal, un soporifique découvert en collaboration avec Mering, et la sajodine, sont les plus connus. La thérapeutique par l'arsenic lui doit un nouvel essor; depuis quelques années et grâce à des combinaisons introduites par Emile Fischer, l'emploi du iode, du brome et de l'arsenic en thérapeutique a perdu une grande partie de ses inconvénients. En initiateur, il participa pendant la guerre à l'exploitation de l'azote de l'air pour la fabrication de l'acide nitrique et à celle du gypse pour la fabrication de l'acide sulfurique. La fabrication de la glycérine par la fermentation et la synthèse industrielle du caoutchouc s'attachent également à son nom. Il est permis d'espérer que ces conquêtes dépasseront le but immédiat qui leur était assigné et honoreront le nom du grand chimiste en contribuant au bien-être d'une humanité revenue à des instincts pacifiques. (D'après *Chemiker Zeitung,* N° 106 et 133. 1919.)

ALFRED WERNER

(1866-1919)

Aux deux grands promoteurs de la chimie organique que furent Bayer et Fischer, succéda de près dans la tombe le réformateur de la chimie inorganique, Alfred Werner. Sa mort prématurée signifie pour la science et pour la science suisse en particulier une perte irréparable.

Né à Mulhouse en 1866, Werner fit ses premières études de chimie à l'Ecole technique de Carlsruhe. Il les continua et les acheva à l'Ecole polytechnique fédérale sous la direction de Lunge, dont il fut l'assistant pendant une année. Dès lors il ne quitta Zurich que pour compléter son instruction au Collège de France, où l'enseignement de Berthelot exerça sur lui une action déterminante. Admis en 1892 comme privat-docent à l'Ecole polytechnique fédérale, il passe bientôt à l'Université de Zurich en qualité de professeur extraordinaire. Deux ans plus tard, âgé de vingt-neuf ans seulement, il est promu professeur ordinaire de chimie inorganique à la haute Ecole zuricoise, dont il deviendra une illustration et à laquelle il vouera toute sa carrière.

Dans sa thèse de doctorat, dont le titre : « Beiträge zur Theorie der Affinität und Valenz » indique tout un programme, on trouve déjà en germe quelques-unes

des conceptions géniales qui lui vaudront plus tard le prix Nobel. Des études expérimentales entreprises avec Hantzsch le conduisent ensuite à la découverte de l'isomérie dans l'espace chez les combinaisons azotées et élucident d'un coup la stéréochimie de l'azote. Dès la première année de son professorat, Werner établit sa célèbre théorie de la coordination, qui, en dépit de l'accueil sceptique qu'elle rencontre d'abord, ne tarde pas à se substituer à la théorie des valences formulée par Kekulé. Pour Werner, l'affinité chimique ne se présente pas comme une force agissant dans une seule direction, mais comme une force émanant de la surface d'atomes sphériques et rayonnant dans tous les sens pour constituer autour de l'atome deux zones d'action. La molécule constituée d'un nombre déterminé d'atomes n'est pas nécessairement saturée; grâce à ses valences libres, elle peut s'incorporer dans d'autres molécules ou s'ajouter à celles-ci. Les deux catégories de combinaisons qui en résultent, les combinaisons de substitution et les combinaisons d'addition, telles que les conçoit Werner, suffisent pour classer les combinaisons inorganiques les plus complexes. Les acides oxygénés eux-mêmes, jusqu'alors isolés, rentrent dans le rang à côté des acides halogénés, des sulfato-acides et d'autres. En un mot, la nouvelle notion de l'affinité chimique aboutit à un système inorganique bien circonscrit et harmonieux.

En ce qui concerne les combinaisons de substitution, Werner avait été frappé par le fait que le nombre des molécules étrangères qui viennent se grouper autour de l'atome métallique est le plus souvent 6, rarement 8 ou 4. En partant de ce nombre 6, son « nombre de coordination », Werner imagina la disposition de ces molécules autour d'un octaèdre, dont elles occupent les sommets. L'octaèdre devient ainsi le polyèdre fondamental des combinaisons inorganiques. Une grande partie de l'œuvre scientifique de Werner, ainsi que des centaines d'études spéciales faites sous sa direction, sont consacrées à la démonstration expérimentale de cette hypothèse qui ne tarda pas à se révéler extrêmement féconde. Poussée à ses dernières conséquences par Werner lui-même, elle devait le conduire à la découverte de sels de cobalt, de chrome et de fer optiquement actifs. Le pouvoir rotatoire que l'on croyait surtout dévolu aux molécules organiques, s'étend ainsi à bon nombre de corps inorganiques.

Des plumes plus compétentes que la nôtre feront ressortir toute la portée des conceptions stéréochimiques nouvelles dues à cet esprit à la fois révolutionnaire et créateur, et leur répercussion sur le développement des sciences voisines, la physique et la minéralogie en particulier. Un appel à Wurzbourg, le prix Nobel pour la chimie et d'innombrables distinctions de la part de sociétés scientifiques et d'universités vinrent témoigner à Werner de l'estime dont il jouissait dans le monde des savants. Aucun de ces hommages cependant ne semble avoir touché cet homme

modeste autant que celui que lui rendit la petite république qu'il servait en réalisant en 1909, par la création d'un nouvel institut de chimie, les conditions matérielles nécessaires à l'enseignement et au développement ultérieur d'une branche, au progrès de laquelle il avait le plus contribué. (D'après *Neue Zürcher Zeitung.*)

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES

Astronomie et Météorologie.

M. Gautier, R. Nouvelle baisse extraordinaire du baromètre et records de basse pression à Genève. — Id. La Nova Aquilæ. Indications complémentaires.

Physique.

M. Guye, Ch.-E. L'équation de la décharge disruptive dans les mélanges de gaz.

M. Müller, Al. Recherches sur le spectre des rayons *X*.

M. Schidlof, A. et Maliniak, St. Transformations subies par des gouttes d'huile maintenues en suspension dans différents gaz.

Chimie.

MM. Briner, E. et Naville, Ph. Sur la fixation de l'azote sous forme d'oxyde par l'arc électrique agissant en dépression.

Géologie et Pétrographie.

M. Brun, A. Une roche engendrant le fer oxydulé magnétique par le chauffage. — Id. Les éruptions du Galoeng-Goeng en 1818 et du Kloet en 1919, d'après les documents hollandais.

MM. Collet, L.-W. et Reinhard, M. Sur l'existence d'une lame de cristallin dans le sédimentaire de la Jungfrau.

MM. COLLET, L.-W., REINHARD, M. et PAREJAS, Ed. La géologie de la Jungfrau.

MM. DUPARC, L. et GROSJEAN, M. Sur les gites aurifères du Callao (Vénézuéla).

Géographie physique.

M. CHAIX, A. Coulées de blocs (Rock-glaciers, Rock-streams) dans le parc national suisse de la Basse-Engadine.

MM. COLLET, L.-W. et MELLET, R. Le lac Ritom (Haute Leventine, Tessin) Provenance de l'hydrogène sulfuré. Abaissement du niveau du lac de 30 m.

M. JOUKOWSKY, E. Une carte topographique peu connue : Le canton de Genève à 1 : 12,500, équidistance 4 m. — Id. Rapport de la commission de la carte du canton de Genève à l'échelle de 1 : 12,500.

M. PAREJAS, Ed. La formation des continents et des océans d'après la théorie de Wegener.

Botanique.

M. BRIQUET, J. Les pseudoglandes et les trichomes involucraux des Chardons. — Id. Quelques points de la morphologie et de la biologie foliaires des Columelliacées. — Id. Le stigmate et la biologie florale des Hydrangea américains. — Id. La structure foliaire des Hypericum à feuilles scléromarginées. — Id. Les trichomes foliaires des Centaurées Phrygiées.

M. CHODAT, R. La panachure et les chimères dans le genre Funkia.

M. HOCHREUTINER, B.-P.-G. La parenté des Guttifères et des Hypéricinées. — Id. Sur les relations de parenté des Guttifères avec d'autres familles végétales. — Id. Le carpocratère, un nouvel organe du fruit des Malvacées.

Zoologie et Paléontologie.

M. BEDOT, M. Le développement des colonies d'Aglaophenia.

M. REVILLIOD, P. L'état actuel de nos connaissances sur les Chiroptères fossiles (note préliminaire).

Anatomie et Embryologie.

M. BUJARD, E. Une déformation des mâchoires chez le rat albinos.

Id. A propos d'un cas d'opocéphalie chez le cobaye : les synotocyclopes et les strophocéphales.

Physiologie.

M. BATTELLI, F. et M[lle] STERN, L. Action des cytotoxines sur les différents tissus animaux. — Id. Transformation des acides fumarique et malique par les tissus animaux.

M[lle] STERN, L. et M. GAUTIER, Rd. Rapports entre les liquides céphalo-rachidien, sous-arachnoïdien et ventriculaire.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 3

LES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE L'ARVE

PAR

Raoul BOISSIER

(Avec 2 planches.)

INTRODUCTION

En étudiant les alluvions transportées par les eaux de l'Arve pendant les années 1915 et 1916, mon attention fut attirée par les variations de niveau de la nappe d'eau souterraine, qui est utilisée par la Société des Eaux-d'Arve pour l'alimentation en eau potable d'une partie du canton de Genève (rive gauche du Rhône).

Mon étude sur le charriage des alluvions de l'Arve terminée [1], j'ai entrepris une longue série d'observations dans les cinq puits forés par la Société des Eaux d'Arve, dans l'Ile de Vessy. Mes observations ont porté sur les variations du niveau de l'eau de chaque puits, ainsi que sur les variations du niveau de l'Arve. A cet effet, j'ai exécuté, avec la collaboration de M. Pesson, ingénieur au Service fédéral des Eaux, un nivellement de précision pour rapporter les lectures effectuées dans les puits aux lectures faites en hauteur absolue au limnimètre placé dans l'Arve, sous la passerelle de l'Usine, pour mes recherches sur les alluvions. Simultanément j'ai mesuré la température de l'eau de chaque puits, ainsi que celle de l'eau de l'Arve, tout en prélevant des échantillons pour la détermination de la dureté de l'eau. Ayant constaté des variations de température dans l'eau de surface de différents puits, j'ai effectué des sondages thermiques dans chacun des puits, à différen-

[1] Etude sur le charriage des alluvions de l'Arve, publiée dans les *Annales Suisses, d'Hydrographie*, du Service Fédéral des Eaux, dans un Mémoire de M. le professeur L.-W. Collet et de l'auteur.

tes profondeurs. A cet effet j'ai utilisé un thermomètre à renversement, le Richter, vérifié par le Bureau fédéral des Poids et Mesures à Berne, et mis obligeamment à ma disposition par le Directeur du Service Fédéral des Eaux.

M. L. Reverdin a bien voulu s'intéresser à mon étude et effectuer pour moi des pêches de plancton dans l'Arve et dans les puits, pour déterminer si une communication existait entre la rivière et les puits, le lecteur trouvera ses résultats à la suite des miens.

Enfin, j'ai trouvé un aimable collaborateur en M. Joukowsky, qui s'est fait une spécialité de la géologie du canton de Genève et qui a voulu bien expliquer à la fin de ce court mémoire, mes résultats, ainsi que ceux de M. Reverdin, en se basant sur la disposition des terrains fluvioglaciaires de la région, les puits étant bétonnés et leur coupe géologique étant inconnue.

Qu'il me soit permis de remercier ici sincèrement M. le professeur L.-W. Collet de l'intérêt qu'il a porté à mes recherches et des conseils qu'il m'a donnés.

Ma gratitude va aussi à la Direction de la Société des Eaux d'Arve, ainsi qu'à M. Fausch chef mécanicien de l'Usine de Vessy qui ont tout fait pour faciliter mes recherches.

Laboratoire de Géologie de l'Université de Genève, mai 1920.

Raoul Boissier.

Variations du niveau de l'Arve et des puits.

Avant d'étudier les niveaux de l'Arve et des puits, jetons un rapide coup d'œil sur le régime de la rivière.

Le cours de l'Arve peut être divisé en deux parties bien distinctes. Le premier tronçon, de la source jusqu'au Fayet, possède un *régime alpin* caractérisé par des basses eaux en hiver (minimum en mars), une crue au printemps, et des hautes eaux en été, et une décrue en automne. Le deuxième tronçon comprend la section du cours d'eau dans sa traversée des Hautes Alpes calcaires et des Préalpes, soit du Fayet à Genève. Cette partie possède un *régime subalpin,* très marqué à Genève, consistant dans la superposition du régime préalpin, dû aux précipitations atmosphériques, au régime alpin dû à l'influence des glaciers dans le bassin d'alimentation.

A Genève, les niveaux de l'Arve commencent à monter dès le mois de mars, sous l'action des affluents préalpins. Quand cette action commence à toucher à sa fin, arrive l'apport des affluents alpins, soit des glaciers. Les débits continuent donc à augmenter pour atteindre leur maximum en juin ou juillet.

A ce moment les torrents préalpins étant dans leur période d'étiage d'été, le niveau de l'Arve commence à baisser. En septembre, l'apport glaciaire diminuant, nous arrivons à une période de débit relativement faible pour octobre et novembre. Puis l'action des crues d'automne qui se produisent dans les affluents préalpins se fait sentir et provoque durant la fin de novembre, décembre et commencement de janvier, une nouvelle période de hautes eaux.

Bien que nous ayons étudié les variations du niveau de l'Arve et des puits pendant trois ans, nous baserons nos comparaisons avant tout sur l'époque s'étendant de la fin de février aux derniers jours d'avril 1919. A ce moment de l'année, l'Arve sort de son étiage d'hiver par une série de crues assez brusques pour entrer dans sa période de hautes eaux.

En examinant les courbes de la planche I, on remarque immédiatement que l'on peut diviser les cinq puits, au point de vue des variations de niveau, en trois groupes. Le premier groupe comprenant les puits IV et V, possède des variations de niveau assez semblables à celles de l'Arve, avec pourtant des pointes moins accentuées. Le deuxième groupe, auquel appartiennent les puits I et II, est caractérisé par des variations beaucoup plus faibles. On retrouve néanmoins l'allure générale de la courbe de l'Arve avec un certain retard dans l'apparition du minimum et du maximum. Le puits III représente le troisième groupe. Nous retrouvons l'allure générale de la courbe de l'Arve en partie masquée par des oscillations provenant de variations brusques du niveau, dues au pompage.

Il semble résulter de cette première série d'observations que les puits IV et V sont plus directement en relation avec les eaux de l'Arve que les puits I et II. Les variations dues au pompage dans le puits III, empêchent toute conclusion pour le moment.

Remarquons, en terminant ces comparaisons, les hauteurs absolues du niveau de l'eau de l'Arve et dans les puits. L'eau des puits IV et V est à peu près au même niveau — comme le montre le graphique de la planche I. La différence par contre, est plus prononcée entre les puits I et II. Enfin nous constatons, — et ceci a son importance, — que le niveau des puits IV et V est environ de 5 m. inférieur à celui de l'Arve, et celui des puits I et II d'environ 8 m. Le niveau de l'eau dans ce dernier groupe de puits est donc d'environ 3 m. inférieur au niveau de l'eau dans les puits IV et V. Quant au puit III, dont le niveau est à peu près d'un mètre inférieur au niveau des puits I et II, il représente un cas anormal. Nous avons en effet vu plus haut que les variations de son niveau étaient dues au pompage. Il en est de même pour la hauteur abso-

lue du niveau de l'eau. Nous avons eu l'occasion de vérifier cette assertion. Le pompage ayant été arrêté, pour cause de réparations, durant deux heures, nous avons pu déterminer la hauteur absolue du niveau normal de l'eau dans le puits III, et chose intéressante, nous avons constaté que l'eau dans les puits I, II et III est au même niveau. (Voir pl. 2, fig. II).

Puis l'on pompa durant deux heures dans le puits II et ce fut le niveau de ce dernier qui devint le plus bas faisant baisser ses deux voisins I et III.

En faisant abstraction du pompage, nous arrivons donc à la conclusion que nous avons deux groupes de puits bien distincts. Le groupe comprenant les puits V et IV et l'autre groupe comprenant les puits I, II et III. Cette conclusion est confirmée par le fait que le niveau des puits IV et V n'a pas été influencé par le pompage effectué dans le groupe des puits I, II et III.

En résumé nos observations sur les niveaux de l'eau dans l'Arve et dans les puits nous permettent de constater que le niveau de l'eau n'est pas le même dans les deux groupes de puits. Il nous reste donc à rechercher les causes de cette différence de niveau d'environ 3 m., ce que nous ferons en étudiant tout d'abord les températures, puis les duretés de l'eau des puits et de l'Arve.

La température de l'eau de l'Arve et des puits.

D'une manière générale l'allure de la courbe de la température de l'Arve épouse celle des variations du niveau. En effet, à l'étiage d'hiver nous trouvons les plus basses températures dans l'eau de surface 0,5°, et durant les hautes eaux d'été le maximum qui peut atteindre 15,5°. Nous signalerons cependant quelques exceptions à cette règle, à savoir qu'une crue rapide due à la fonte des neiges, dans les parties basses du bassin d'alimentation, provoque un abaissement de température qui se marque dans la courbe (voir planche 1) par une pointe en sens inverse de celle du niveau. Les pluies d'hiver, dans la partie basse du bassin d'alimentation, provoquent, par contre, un réchauffement de l'eau.

Les températures de surface, mesurées dans les différents puits, confirment l'existence de deux groupes de puits, déjà mise en évidence précédemment par nos observations sur les hauteurs du niveau de l'eau. Voyons maintenant les résultats des sondages thermiques effectués dans les puits à différentes profondeurs.

La température de l'eau des puits I, II, IV et V ne varie pas en profondeur, ce qui n'est pas le cas du puits III. Dans ce dernier, en effet, nous trouvons une eau de surface plus froide que l'eau de fond. La différence peut atteindre 1,3°. Nous tenons à répéter ici que cette étude de la température de l'eau en profondeur a été effectuée au moyen d'un thermomètre à renversement de Richter, permettant de travailler avec précision:

Nous arrivons donc à la conclusion que le puits III possède des eaux de températures différentes, ce qui nous permet d'admettre l'existence de deux nappes d'eau souterraines, de provenance différente, qui se superposent dans ce puits. L'eau de surface possède une température se rapprochant de la température de l'eau des puits V et IV, tandis que la température de l'eau de fond se rapproche davantage de la température de l'eau des puits I et II. Ces résultats intéressants demandent à être confirmés par une autre méthode, c'est la raison pour laquelle nous allons aborder dans le chapitre suivant la question de la dureté de l'eau de l'Arve et des puits, les méthodes par coloration à la fluorescéïne et ou par titrations après injection d'eau salée ayant dû être écartées étant donné l'utilisation de l'eau.

Dureté de l'eau de l'Arve et des puits.

Nous avons mesuré la dureté de l'eau de l'Arve et des puits par la méthode hydrotimétrique, basée sur l'action d'une solution alcoolique de savon sur les sels de chaux.

L'examen des graphiques de la planche 2 nous permet des constatations intéressantes. Tout d'abord la courbe de la dureté de l'eau de l'Arve, comparée à celle des variations du niveau de l'eau nous montre que *la dureté est inversément proportionnelle au débit.* Cette loi énoncée pour la première fois par Baëff[1] se comprend aisément. En hiver, en basses eaux, l'Arve est certainement presque uniquement alimentée par des sources dont l'eau est très minéralisée. En hautes eaux, — que ce soit à la suite de pluies dans les parties basses du bassin d'alimentation ou pendant la fonte dans le bassin glacier, — les matières en solution sont en très faible proportion, car nous nous trouvons ici en présence d'un cas de ruissellement, tandis qu'en hiver les sources représentent les résurgences de circulations souterraines.

Si nous étudions maintenant les courbes de la dureté de l'eau des puits I, II, IV, V, du fond et de la surface du puits III et de l'eau de l'Arve (planche 2), nous remarquons que les graphiques des puits IV et V et de la surface du puits III ont la même allure que celui de la dureté de l'eau de l'Arve. Par contre les courbes des puits I, II et du fond de l'eau du puits III ont une allure toute différente de celle de l'eau de l'Arve, avec une dureté plus forte.

Ces constatations confirment et précisent les résultats des observations faites sur les variations du niveau de l'eau et sur la température de l'eau des puits et de l'Arve. Elles les confirment en ce sens que nous avons la preuve de l'existence de

[1] B. Baëff. Les Eaux de l'Arve. Recherche de Géologie expérimentale sur l'érosion et le transport dans les rivières torrentielles ayant des affluents glaciaires. *Thèse de Doctorat. Université de Genève,* 1891.

deux nappes d'eau souterraine, et les précisent en montrant que l'eau de la nappe supérieure est de l'eau de l'Arve qui a légèrement augmenté en dureté en traversant rapidement les alluvions de cette rivière. La nappe inférieure que nous trouvons dans les puits I, II et dans le fond du puits III, est par contre beaucoup plus miné-

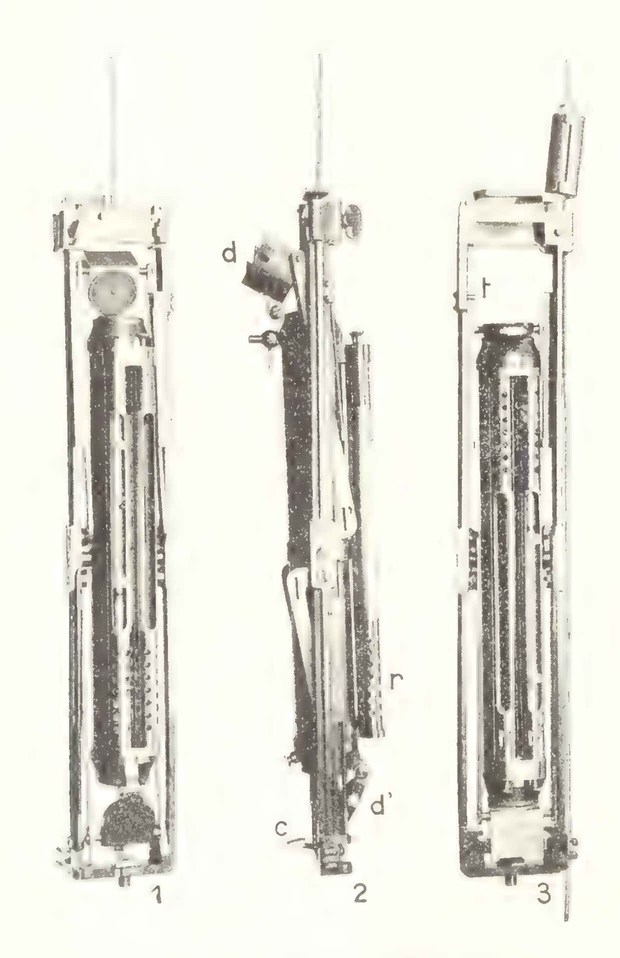


Fig. 1. — BOUTEILLE D'ECKMANN[1].

1. Appareil en position de descente (ouvert) vu de face.
2. Même position, vue de profil.
3. Appareil en position de remontée (fermé).

ralisée que l'eau de la nappe inférieure. L'eau de cette nappe a donc cheminé souterrainement dans des alluvions, beaucoup plus longtemps que celle de la nappe supérieure et s'est chargée de sels de chaux. Elle provient probablement d'infiltrations lointaines d'eau de l'Arve, comme semblent le montrer les températures et les

[1] Cliché aimablement prêté par le Service fédéral des Eaux.

variations de niveau. Cette eau doit avoir eu le temps de se filtrer dans sa longue traversée des alluvions.

En terminant, nous tenons à dire que nous avons effectué nos prises d'eau en profondeur au moyen d'une bouteille à renversement d'Eckmann, qui nous a été aimablement prêtée par le Service fédéral des Eaux (voir fig. 1).

CONCLUSIONS

Nous arrivons aux conclusions suivantes :

1. Il existe deux nappes d'eau souterraines en relation avec l'Arve. Une nappe supérieure, s'écoulant d'aval en amont, sens probablement dû au pompage, alimentant les puits V et IV et que l'on retrouve à la surface du puits III. Une nappe inférieure, alimentant les puits I et II et le fond du puits III, s'écoulant dans le sens de l'Arve.

2. La nappe supérieure est directement alimentée par l'Arve. La température, la dureté de son eau, se rapprochent beaucoup de celle de cette rivière. La dureté augmente légèrement dans le sens du courant de la nappe.

3. La nappe inférieure — provenant vraisemblablement d'infiltrations lointaines de l'Arve dans des alluvions fluvio-glaciaires formant son lit, — possède une température beaucoup plus constante que celle de l'eau de l'Arve et contient beaucoup plus de matières minérales en dissolution comme le prouve sa dureté plus élevée.

ANALYSE DES EAUX DES PUITS DE L'USINE DE VESSY

au point de vue biologique, par L. REVERDIN.

M. Raoul Boissier m'ayant mis au courant de ses recherches relatives à l'origine des eaux des différents puits de l'usine de Vessy, je me mis à son service pour examiner ces eaux au point de vue planctonique. M. le professeur E. André a bien voulu me prêter quelques-uns de ses filets, je lui adresse ici mes remerciements.

Les eaux des puits pouvaient peut-être contenir des éléments planctoniques; si tel était le cas, il s'agissait de se rendre compte si ces eaux étaient toutes identiques quant à leur richesse en organismes, puis de comparer les résultats avec ceux fournis par l'examen des eaux de l'Arve elle-même.

Lors d'une première visite de l'usine de Vessy, au mois d'avril 1919, notre attention se porta sur un flacon de verre placé dans l'intérieur même de l'usine. Ce

flacon est alimenté directement par l'eau sortant de la conduite principale. Il est destiné à montrer la pureté des eaux puisées dans les puits. Si l'eau qui en sortait était parfaitement claire, par contre, l'intérieur du flacon était remlpi d'une matière jaunâtre, en longs filaments ténus, agités par le courant. On nous dit que c'était tout simplement de l'huile qui était entraînée dans la conduite et qui chassée par le mouvement de l'eau prenait cette forme filamenteuse et se fixait sur les parois du récipient. Ayant fait vider le flacon pour recueillir un peu de cette matière jaune, notre étonnement fut grand lorsque, sous le microscope, nous avons pu constater que le dépôt était presque uniquement formé par l'accumulation d'une Diatomée, le *Diatoma hiemale var. Mesodon*, dont les frustules restent attachées les unes aux autres en longues chaînes. Cette espèce ne se rencontrant que dans les eaux courantes froides, nous pouvions déjà conclure que l'eau des puits devait nécessairement avoir certains rapports avec l'eau de l'Arve elle-même. A côté de cette Diatomée, nous avons trouvé aussi, dans le dépôt du flacon, quelques filaments d'*Ulothrix* en parfait état ainsi que quelques colonies d'*Hydrurus*. Ce dernier genre, abondant dans l'Arve, venait confirmer notre opinion; l'eau de la conduite principale renfermait quelques-uns des éléments typiques de l'eau d'Arve. Dès lors l'examen planctonique des différents puits s'imposait.

Nous avons fait des analyses aux périodes suivantes: au mois d'avril, d'octobre et décembre 1919; elles portèrent sur les puits II, IV, V, sur l'eau d'Arve et sur le dépôt du flacon.

Le résultat des diverses analyses planctoniques est donné dans le tableau ci-joint, dans lequel les signes employés ont les significations suivantes:

+ = Présence de la même espèce en bon état de conservation.
— = Présence de la même espèce plus ou moins détruite.
○ = Absence complète.

	Arve	Puits			
	Genres et espèces:	II	IV	V	Flacon
Algues vertes	*Spirogyra*	○	○	+	○
Algues vertes	*Mesocarpus*	—	—	○	○
Algues vertes	*Ulothrix*	—	+	+	+
Algues vertes	*Stigeoclonium*	—	○	○	+
	Oscillatoria	○	—	+	○
	Hydrurus	—	+	+	+

	Arve		Puits		
	Genres et espèces:	II	IV	V	Flacon
Diatomées	*Diatoma hiemale* var. *Mesodon*	○	+	+	+
	Synedra Ulna, v. *amphirrhynchus*, Ehb.	○	○	+	○
	Synedra Ulna var. *undulata* .	+	+	○	○
	Gyrosigma acuminatum, Kütz	○	○	+	○
	Navicula gracilis var. *levis*, Kütz	○	○	+	○
	Navicula lanceolata, Kütz .	○	○	○	○
	Ceratoneis Arcus, Kütz . .	+	+	+	○
	Hantzschia amphioxys, Grün	○	○	+	○
Crustacés		—	○	+	○

L'état de conservation des différentes formes peut être facilement déterminé. Les algues vertes peuvent monter des chromatophores déformés; les diatomées peuvent être réduites à leur valves; l'Hydrurus peut se présenter sous forme de masses amorphes contenant des cellules dont les vésicules contractiles ne sont plus en activité.

L'inspection du tableau ci-dessus montre les résultats suivants: on trouve dans les puits les mêmes éléments que dans l'Arve, mais toujours en quantité plus faible.

Le puits V possède le plancton le plus riche en espèces vivantes; on rencontre encore plusieurs éléments vivants dans le puits IV; ils deviennent très rares dans le puits II. Le dépôt du flacon ne contient que des formes capables de se fixer. Pour expliquer cette répartition, nous devons admettre que la filtration de l'eau d'Arve dans les puits varie. Si elle est faible pour les puits V et IV, elle est au contraire très prononcée pour le puits II; autrement dit, les puits IV et V sont en communication plus rapide avec l'Arve que le puits II dont la relation doit être beaucoup plus éloignée. Ces résultats viennent donc confirmer, par une autre méthode, les conclusions auxquelles est arrivé M. Boissier.

NOTICE GÉOLOGIQUE par E. JOUKOWSKY.

Les faits observés par R. BOISSIER et L. REVERDIN s'expliquent aisément par la disposition des terrains observée en différents points du canton, et en particulier sous la pile de rive droite du Pont Butin, à 1 km. en aval de la jonction du Rhône et de l'Arve.

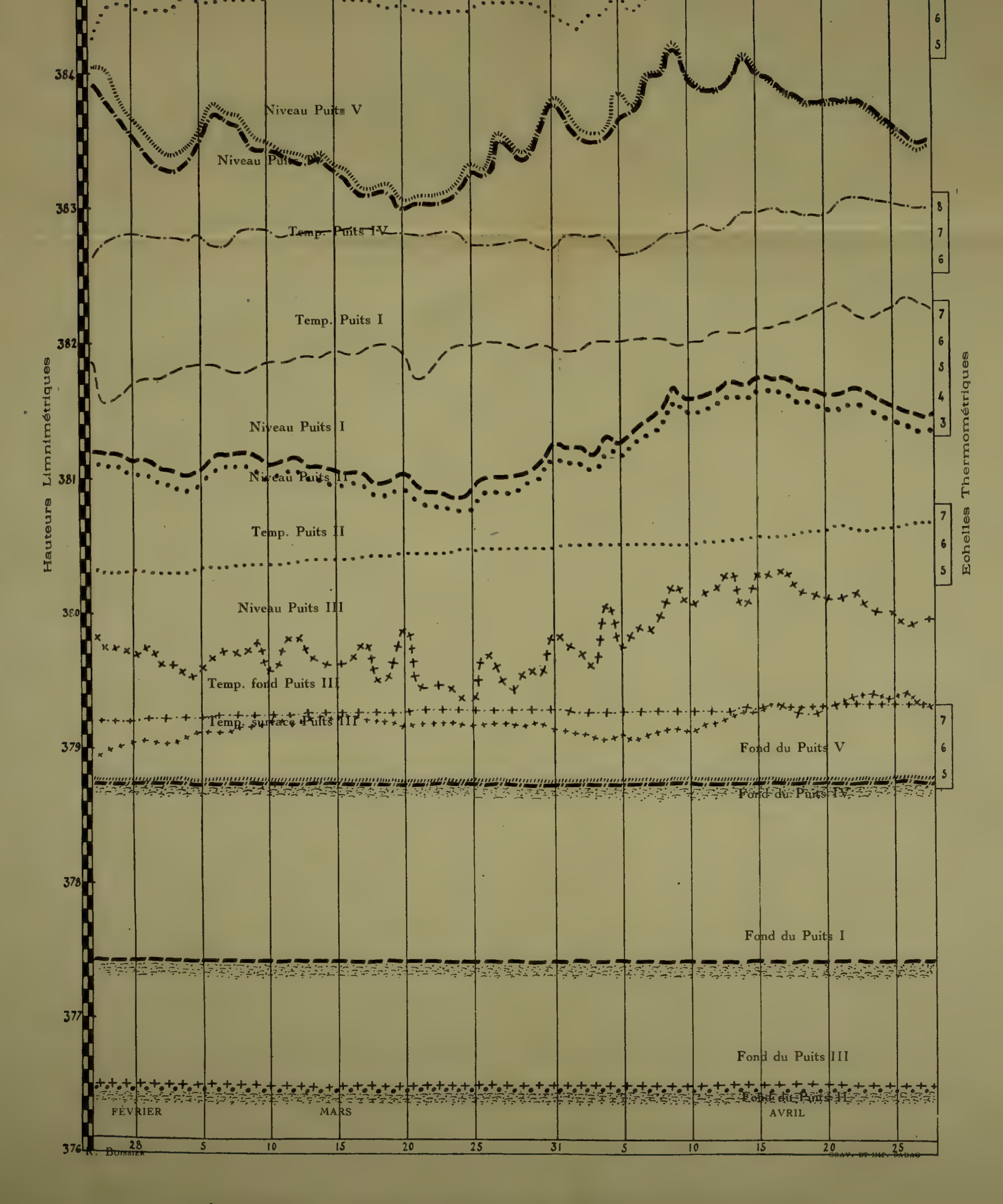
Un réseau de vallées préwurmiennes, taillées dans la molasse marneuse, a été comblé par le retour offensif du glacier wurmien, qui a déposé dans les parties profondes une puissante moraine de fond, se continuant, selon toute probabilité, sur les flancs des coteaux molassiques par une pellicule morainique de moindre épaisseur. Après le retrait de ce glacier, dont une cuvette profonde se trouvait à l'emplacement actuel de la plaine basse de Plainpalais, il s'est formé sur la moraine de fond un dépôt marneux d'épaisseur variable, sur de grandes surfaces, mais discontinu dans son ensemble. Ce niveau est imperméable. On y trouve fréquemment des lignites et parfois des mollusques brisés.

Après cela, une nouvelle progression du glacier rhodanien qui s'était retiré, a donné lieu à la formation de l'alluvion ancienne qu'il convient de considérer comme de la moraine, dont l'élément marneux a été constamment emporté par les eaux de fusion du glacier. Cette alluvion est perméable, et l'eau qui la traverse s'arrête sur la marne à lignites; celle-ci constitue ainsi une séparation entre ces eaux et celles qui se frayent un passage au-dessous de la marne, dans les dépôts morainiques superficiels abandonnés par le glacier wurmien au moment de son retrait.

La marne n'étant pas un horizon continu, des communications peuvent exister par-ci par-là entre les deux niveaux aquifères.

L'existence d'une marne a été constatée juste sous le revêtement du puits 3, à la cote 381.80, (point *m*, fig. 2, pl. 2). Dans ce puits, on voit l'eau sortir du gravier qui forme les parois du fond du puits, et lorsqu'on déplace un caillou immédiatement sous le béton, l'eau se trouble et l'on voit couler une marne jaune. C'est par l'existence d'une telle couche marneuse qu'il convient d'expliquer les deux niveaux aquifères de Vessy, entre lesquels la construction du puits a pu d'ailleurs établir une communication, autour de la partie bétonnée.

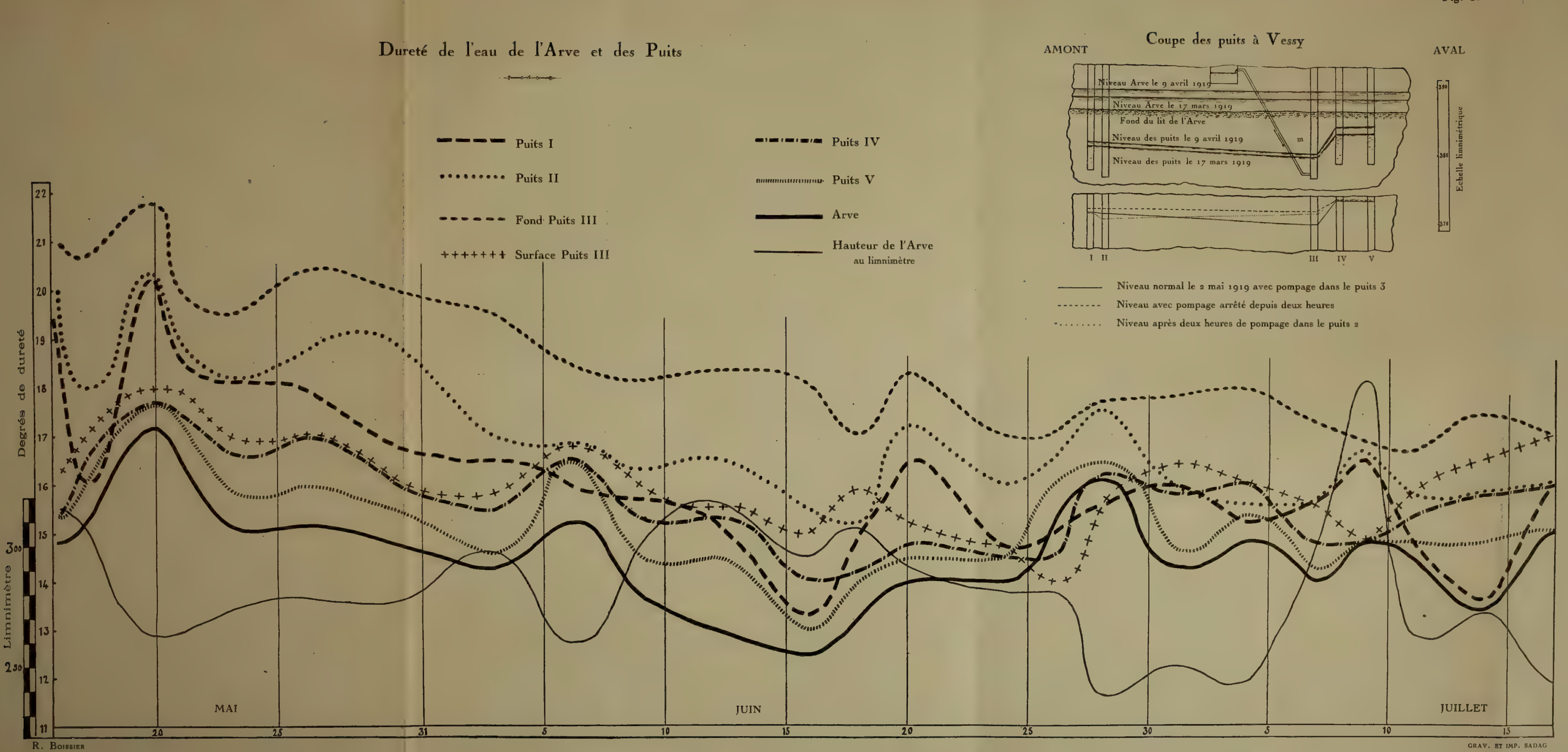

Niveaux et Températures
de l'eau de l'Arve et des Puits
389
388
387
386
385
384
383
382
381
Niveau Arve
Temp. Arve
8
7
6
5
4
3
Fond du lit de l'Arve
Temp. Puits V
8
7
6
5
Niveau Puits V
Niveau Puits IV
Temp. Puits IV
8
7
6
Temp. Puits I
7
6
5
4
3
Niveau Puits I
Niveau Puits II
7
Limnimétriques
Thermométriques



Raoul BOISSIER. — LES NAPPES D'EAU SOUTERRAINES DE L'ARVE

Fig. 1.

Fig. 2.



R. Boissier — Grav. et imp. Sadag

Raoul BOISSIER. — LES NAPPES D'EAU SOUTERRAINES DE L'ARVE

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXVI (1884-1919). Prix Fr. 35

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6

Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

Fascicule 1

Etude sur les infusoires tentaculifères

par E. PENARD

(Avec 50 figures.)

GENÈVE

GEORG & Cie

BALE et LYON même maison.

Prix : Fr. 15

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 4. VOLUME 39

MÉMOIRE
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 4.

ÉTUDES

SUR LES

INFUSOIRES TENTACULIFÈRES

PAR

E. PENARD

Dr ès sciences.

(Avec 56 figures.)

Mes observations relatives aux Infusoires Tentaculifères devaient à l'origine former le dernier chapitre d'un ouvrage de longue haleine, maintenant à l'impression[1], sur les Infusoires d'eau douce en général. Cependant, les Tentaculifères constituent un groupe si homogène, et dont les affinités avec les Infusoires ciliés restent si peu évidentes, que beaucoup de naturalistes n'hésitent pas à les considérer comme un groupe tout à fait à part, et à en faire l'objet de travaux séparés. Je suis heureux alors de pouvoir suivre ces auteurs dans cet ordre d'idées, en publiant ici le résultat de mes recherches.

Les 42 espèces dont il sera question dans ces pages ne sont pas les seules, ajoutons-le bien vite, qui m'aient passé sous les yeux; j'en ai vu d'autres, que les circonstances ne m'ont pas permis d'étudier, ou bien qui ne m'ont rien montré de nouveau; par contre, il en est quelques-unes, d'ailleurs très peu nombreuses — une demi-douzaine en tout — qui seront prises en considération, bien que j'aie eu l'occasion de les décrire ailleurs; mais je n'hésite pas à résumer ici brièvement les carac-

[1] *Etudes sur les Infusoires d'eau douce*, un fort vol. grand in-8°, avec environ 1200 figures dans le texte. Genève, Atar édit.

tères de ces quelques especes; toutes, en effet, ou presque toutes, ont été retrouvées, soumises à un examen complémentaire, et ce contrôle a permis soit de confirmer certains points restés jusque-là plus ou moins obscurs, soit de constater des faits nouveaux et parfois d'un réel intérêt.

Tokophrya quadripartita (Clap. et Lachm.) Bütschli 1889.
Podophrya quadripartita Cl. et L. 1858-60.

Corps revêtant vaguement la forme d'une pyramide quadrangulaire, arrondi aux angles, boursouflé et plissé sur les côtés, rétréci fortement en arrière. Tentacules fasciculés, disposés en 4 groupes à la face apicale. Vésicules contractiles au nombre de 3, dont 2 en avant et 1 en arrière. Noyau central, sphérique en principe, plus souvent ellipsoïdal, cordiforme ou triangulaire. Tige forte, striée dans sa longueur, et elle-même 2 ou 3 fois aussi longue que le corps.

Taille de l'animal très variable, le plus souvent 60 à 110 μ.

Mes observations relatives à cette espèce datent du printemps de 1914, puis ont été brièvement contrôlées en 1918. Dans les deux stations visitées, Rouelbeau (1914) et l'Ariana (1918)[1], les colonies vivaient sur les *Epistylis;* on peut parler de colonies, en effet, car les animaux s'y trouvaient en nombre immense, attachés non seulement aux tiges des Epistylis, mais aussi les uns sur les autres, en touffes compactes, ou bien même en séries linéaires, comme l'indique la fig. 8.

« Je crois avec Bütschli contre Sand », dit Collin, à l'existence constante de trois vacuoles contractiles; il y en a six seulement quand il existe un embryon »; Filipjew, en 1910, décrit également trois vésicules, « zwei derselben vorn zwischen den Tastenbündeln, die dritte dagegen in der Mitte des Körpers ». Peut-être aurait-il fallu placer la troisième vésicule un peu plus en arrière, mais c'est bien également ce nombre de trois que j'ai constaté comme normal; ces vésicules, ajoutons-le, deviennent fort grandes, se vident sur les côtés du corps et battent à intervalles assez éloignés, toutes les 75 secondes environ.

Cette espèce, comme le dit Collin, varie peu; mais l'individu, cependant, est sujet à des modifications de forme, dont l'une est assez curieuse (fig. 7). Le savant français, en effet, à propos de quelques préparations que je lui avais envoyées, a bien voulu m'écrire à ce sujet: « J'ai reçu dernièrement de M.

[1] Toutes les localités citées au cours de cet ouvrage se trouvent dans les environs de Genève; le plus souvent des marécages (Rouelbeau, Pinchat), ou bien de petits étangs (Florissant, Ariana); plus rarement de vieux murs ou des bois (Chêne, Vessy), où les mousses abritent une faune spéciale.

Regnard (Institut Pasteur) communication de 2 Clepsines du Dahomey, couvertes d'un revêtement dense d'une race assez spéciale de cet Acinétien; c'est une sorte de variété « longicollis », où le style est surmonté d'une longue tige protoplasmique plus ou moins incurvée, servant de base flexible au corps proprement dit. Cette disposition est en germe dans les exemplaires que vous m'envoyez, mais sans atteindre jamais ce degré d'étrangeté que je représente ici. » Collin m'envoyait, en effet, trois croquis, identiques à ce que l'on voit ici dans la figure 7, dessinée d'après des individus provenant de mes récoltes, et sans doute les préparations envoyées par moi ne montraient-elles pas ce « degré d'étrangeté » que j'avais pourtant constaté de mon côté. J'en ai vu, d'ailleurs, de plus étranges encore, où la « tige protoplasmique », très mince, arrivait à elle seule au double de la longueur du corps; mais en même temps j'ai pu m'assurer qu'il n'y avait pas là de variété spéciale; c'est encore la *Tokophrya quadripartita*, mais dont la partie inférieure, par suite de circonstances encore obscures et sous la dépendance, semble-t-il, des qualités — ou plutôt des défectuosités — du milieu (plusieurs jours de « chambrée » après la récolte), s'est énormément allongée, entrainant même parfois avec elle le noyau, qui s'est allongé à son tour. Ces individus, en fait, sont affaiblis, ce qui ne les empêche pas, d'ailleurs, de produire coup sur coup des embryons, même jusqu'à trois à la fois (fig. 7).

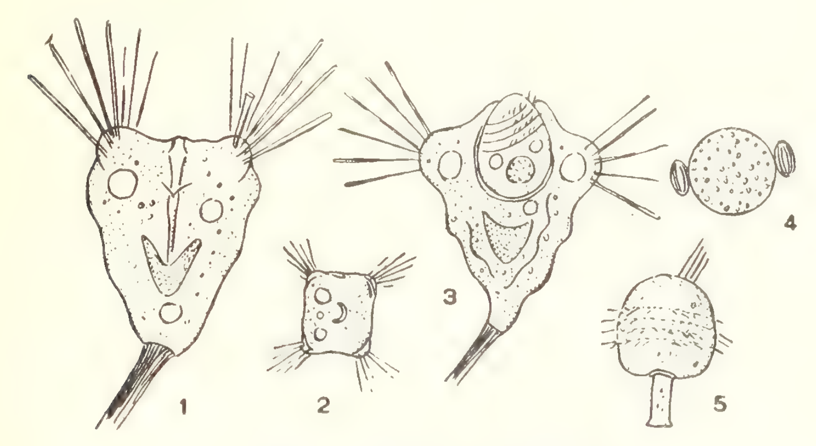


Fig. 1. — Tokophrya quadripartita.

Cette espèce est, en effet, très prolifique, et il n'est pas rare de rencontrer dans le sac incubateur plusieurs embryons ovoïdes, à 4 ou parfois à 5 (?) rangs de cils, et en outre, pourvus à leur extrémité antérieure (postérieure pendant la nage) d'un petit faisceau de cils courts et raides, qui fonctionne comme gouvernail (fig. 5, 10). Parfois, lorsqu'il est seul, l'embryon est de proportion énorme, remplissant les

deux tiers de l'enveloppe. Suivons l'un de ces embryons dans les premiers stades de sa transformation en adulte. A peine s'est-il abattu sur le soutien qu'il a choisi, qu'on le voit s'y raffermir par la sécrétion d'un bourrelet, et à l'intérieur du bourrelet se dépose une matière mucilagineuse et granulée en même temps, qui durcit à sa surface et s'élève sous la forme d'un cylindre. Les cils battent encore 20 secondes, puis s'arrêtent; 5 minutes plus tard, le cylindre, ou la tige, a déjà la moitié de la longueur du petit animal; ce dernier possède encore sa couronne de cils, mais ces cils sont inertes, granuleux, et vont tomber en poussière (fig. 5); l'animal reste invaginé sur sa tige, ou bien s'est déjà dégagé; trois minutes encore, et les quatre

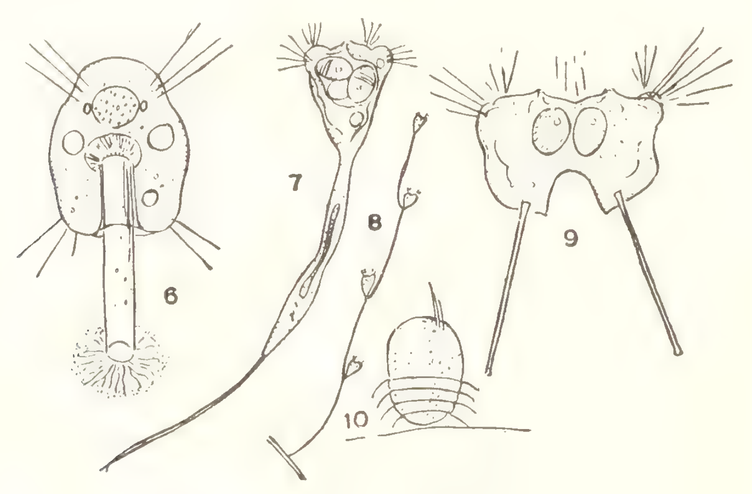


Fig. 2. — Tokophrya quadripartita.

faisceaux de tentacules ont apparu; le cylindre est maintenant une tige vraie, opalescente, ponctuée sous sa paroi de tout petits grains bleus (nutritifs?), et cette tige repose sur un étoilement de radicelles très fines, parsemées de poussières et de petites bulles (fig. 6 [1]). Enfin, 15 minutes environ après la fixation, nous avons déjà un Acinétien typique, encore jeune et de forme ovoïde, mais dont la tige, normale, striée nettement dans sa partie antérieure, a trois fois la longueur de l'animal. On remarque, dans la fig. 6 qui représente un individu dont l'âge est de 8 minutes environ, le noyau accompagné de 2 micronucléi, brillants, striés en long (fig. 4, plus grossis).

Dans la fig. 9, nous avons un cas de conjugaison. Lorsque deux individus arrivent par hasard en contact, ils se soudent par une partie de leur surface, sans perdre

[1] En suite d'une déformation de l'animal, l'une des paires de faisceaux semble, dans cette figure, être reportée en arrière; en réalité, sur l'adulte à forme normale, les 4 faisceaux sont à la partie antérieure du corps, comme l'indique la fig. 2.

leur individualité, et peuvent rester ainsi 24 heures et plus, pour se séparer enfin; lorsqu'ils sont jeunes et encore plastiques, ils s'allongent et se recourbent même parfois très fort sur leur tige pour se rapprocher l'un de l'autre; mais, il faut l'ajouter, la soudure reste toujours aléatoire, et souvent, les animaux renoncent à leur projet et se rétractent bientôt sur eux-mêmes en abandonnant le contact. Dans la fig. 9, on voit dans le couple en conjugaison deux embryons, l'un à côté de l'autre, et dont tout d'abord il n'existait pas trace, même après conjugaison achevée; ils se formèrent indépendamment et simultanément dans chacun des individus, et une fois mûrs partirent à quelques minutes de distance, chacun par le pore maternel, sans que le couple déployé semblât s'inquiéter d'eux.

Tokophrya lemnarum (STEIN) G. ENTZ 1902.
Acineta lemnarum STEIN 1859.

Corps pyriforme, ou vaguement pyramidal, un peu comprimé sur les côtés, plissé, flexueux, étiré en arrière; pourvu de tentacules fasciculés disposés en deux groupes lâches sur les bords de la face apicale. Vésicule contractile unique, très grande, s'ouvrant sur le côté à la partie antérieure du corps. Noyau central, sphérique ou ellipsoïdal. Tige forte, striée en long dans sa partie antérieure, et de 2 à 4 fois aussi longue que le corps.

Longueur, sans la tige, 35 à 120 μ.

« G. ENTZ (1902) discute fort longuement, d'après les exemplaires trouvés par lui dans le lac Balaton, la question de savoir s'il faut ou non homologuer *T. lemnarum* avec *T. cyclopum*. Il considère comme caractéristique de la première espèce, outre la taille beaucoup plus grande et le style bien plus long par rapport aux dimensions du corps: *a)* le tégument épais, souvent ridé, parfois soulevé inférieurement chez certains exemplaires, tout à fait comme la *loge* d'une véritable *Acineta; b)* un macronucléus ovoïde, réniforme ou rubané (non sphérique comme chez *T. cyclopum*); *c)* enfin plusieurs micronucléi (trois à cinq) au lieu d'un seul. » Tels sont les termes dans lesquels s'exprime COLLIN, qui croit lui-même devoir maintenir, au moins provisoirement, l'autonomie complète de *Tokophrya lemnarum*.

Après une étude comparative minutieuse, je ne puis à mon tour que me déclarer en faveur de l'autonomie de *T. lemnarum;* tige au moins deux fois aussi longue que dans *T. cyclopum*, taille bien plus forte, corps plus allongé, pyriforme, bosselé, à tégument épais, vésicule contractile unique.

Cette vésicule est très grande (fig. 2), ou en tout cas, elle finit par le devenir, et ne bat qu'à intervalles éloignés; elle se vide sur le côté, à la partie antérieure du

corps; le canal bien distinct, à paroi forte, qui la fait communiquer avec l'extérieur, et que l'on voit faire une légère saillie soit dans la vésicule elle-même, soit sur le tégument, coïncide généralement avec une légère dépression creusée dans ce dernier (fig. 3).

Les tentacules forment deux larges faisceaux, opposés l'un à l'autre aux deux pôles de la face antérieure un peu allongée (fig. 5, où l'animal est vu d'en haut par la face apicale), mais chacun de ces faisceaux est en réalité double, formé de deux groupes, entre lesquels les tentacules sont devenus rares.

COLLIN dit à propos de la tige dans *T. cyclopum*: « Le style n'est nullement

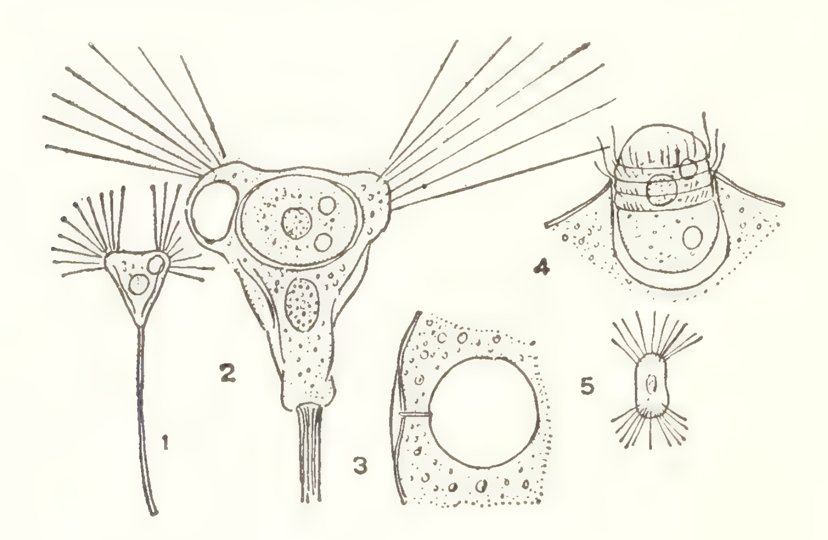


Fig. 3. — Tokophrya lemnarum.

ici « creux et homogène « comme l'affirme à tort SCHEWIAKOFF (1893), mais au contraire, rempli par un *faisceau strié massif* ». Dans la *T. lemnarum* j'ai toujours considéré la tige comme creuse, mais très épaisse, la lumière interne ne constituant qu'un canalicule étroit; elle est striée dans sa longueur, mais les stries, très nettes dans la région de raccordement au corps, disparaissent plus en arrière.

L'embryon cilié (fig. 4) est ovoïde, à 4 rangs de cils; dans certains individus je lui ai vu distinctement deux vésicules contractiles.

La *T. lemnarum* est très prolifique; à peine a-t-elle libéré un embryon, que l'on voit s'en dessiner un nouveau, et elle en produit jusqu'à la fin, alors que maigre et décharnée elle a déjà perdu ses réserves de nourriture, ces sphérules pâles dont le corps était auparavant bourré; les embryons l'épuisent (je parle d'individus en captivité et privés de nourriture), et quand le dernier s'en va, poussé par les contractions du corps très marquées dans cette espèce et qui rappellent tous les phéno-

mènes de l'accouchement, la mère est flasque et ridée, quitte cependant à se refaire rapidement si l'occasion lui en est offerte. J'ai vu un individu, devenu de la sorte maigre et décharné, vider entièrement en 4 minutes deux petits infusoires, et reprendre immédiatement sa belle santé.

J'ai surveillé sur trois individus les phénomènes consécutifs à la capture des proies; ils se sont contrôlés les uns les autres — comme d'ailleurs ils en ont contrôlé un grand nombre étudiés sur les Tentaculifères les plus divers —, et il me suffira de relater l'une de ces trois observations:

Le 7 juin à 9 h. 58, un Infusoire *(Urocentrum)* arrive par hasard en contact avec un tentacule d'une *Tokophrya* plus petite que lui, et brusquement il s'arrête stupéfié; en quelques secondes, une demie-douzaine de tentacules se sont abattus sur lui, se recourbent, se raccourcissent, augmentent du triple de leur largeur primitive, s'évasent en trompette à leur sommet, et déjà l'on voit un courant puissant passer, entrainant des petits grains et des particules de toute sorte. La *Tokophrya* mesure 45 μ en longueur et 32 μ en largeur; elle n'est nullement comprimée, en eau libre sur lamelle évidée.

A 10 h. 03, la proie est aux deux tiers vidée; la *Tokophrya* mesure 53 μ en longueur et 37 μ en largeur.

A 10 h. 09, l'*Urocentrum* est presque vide; un seul tentacule y adhère encore et l'on voit au point d'adhésion de petits mouvements se produire, comme si la proie devait se détacher. La *Tokophrya* mesure $68 \times 40\ \mu$.

A 10 h. 12, l'*Urocentrum*, réduit à l'état d'une vessie gonflée, renfermant des grains de rebut et le noyau déformé, bascule dans tous les sens, poussé par les tentacules, qui s'allongent et reprennent leur état normal; puis à 10 h. $^1/_4$, la vessie éclate en poussières et tout disparait.

Il me faut insister sur cet éclatement que l'on voit se produire dans nombre d'Infusoires après absorption de leur contenu par les tentacules de leur ennemi: à mesure qu'il se vide, l'Infusoire se réduit dans sa taille, mais cela dans les premiers temps seulement; plus tard, quand sa vésicule contractile ne fonctionne plus, il se distend par osmose, en même temps il se désagrège et se voit réduit à l'état de mince pellicule, qui finira par éclater. Je voudrais à ce sujet attirer l'attention sur un phénomène accessoire qui pourrait avoir une certaine signification: assez souvent, au moment où le tentacule abandonne la proie vide, on voit cette proie non pas simplement abandonnée sur place, mais *lancée* au loin, comme par un « souffle » ou « un jet » dont le tentacule aurait été responsable. Est-ce là un fait réel, ou bien y a-t-il eu illusion de ma part?

Malgré son nom, la *Tokophrya lemnarum* n'affectionne pas spécialement les *Lemna*; c'est sous les feuilles des Nénuphars que je l'ai récoltée, et toujours abon-

dante, dans ce petit étang de Florissant que M. H. Romieux, le botaniste distingué, a mis à mon entière disposition, et qui m'a livré tant d'Infusoires intéressants.

Tokophrya actinostyla (Collin).
Tokophrya cyclopum var. *actinostyla* (Collin) 1912.

Corps vaguement cylindrique, 2 $^1/_2$ à 3 fois aussi long que large, arrondi en avant, creusé à son extrémité postérieure d'une dépression dans laquelle s'insère la tige ; cette dernière, très courte et ne dépassant que rarement le quart de la longueur de l'animal, est entourée à son point de raccordement avec le corps, d'un réseau de baguettes rayonnantes, renfermées elles-mêmes dans une sorte de capsule membraneuse, et qui refoulent devant elles le corps protoplasmique. Tentacules disposés en deux faisceaux lâches sur les côtés de la face apicale. Cytoplasme normalement teinté de jaune par de nombreux petits grains dorés. Vésicule contractile dans la partie antérieure du corps, et s'ouvrant sur la face apicale. Noyau central, sphérique ou ellipsoïdal.

Longueur, sans la tige, 87 à 120 μ.

Dans le chapitre qu'il consacre à la tige, et plus particulièrement aux « formations suprastylaires » chez les Acinétiens, Collin, à la p. 112 de son Mémoire classique, écrit les lignes suivantes: « J'ai fait connaître (1908) chez *Tokophrya cyclopum* une structure... que je croyais alors commune à tous les grands exemplaires adultes de l'espèce en question. Ayant dû par la suite abandonner cette manière de voir inexacte, je désigne aujourd'hui comme var. *actinostyla* (nov. var.) l'ensemble des individus considérés. On aperçoit déjà, chez les très jeunes individus, des tigelles squelettiques continuant à croître après que la croissance de la gaîne a pris fin, et repoussant devant elles la matrice scopulienne qui se déprime en dôme. La cavité close de toutes parts qui est formée grandit avec les tigelles qui s'y épanouissent en une gerbe irradiée et s'élargit en même temps par leur écartement. »

J'ai trouvé à Pinchat, en 1916, puis à Rouelbeau, en 1918, et toujours sur des Cyclopes, cette forme très caractéristique, mais qu'il ne m'est décidément pas possible d'envisager comme une simple variété de *T. cyclopum* ; je crois qu'il faut l'élever au rang d'espèce, en l'appelant *Tokophrya actinostyla* (Collin). En effet, les

caractères distinctifs sont très nets, et parfaitement constants; même en faisant abstraction du plus typique d'entre eux, de cet appareil suprastylaire (que l'on retrouve chez *T. cyclopum* quelquefois indiqué, mais alors toujours à l'état pour ainsi dire embryonnaire), on peut constater les traits différentiels suivants:

a) La forme est toute spéciale, très allongée, souvent presque cylindrique (fig. 1).

b) La tige, très large, est toujours extrêmement courte, ne mesurant presque jamais plus du tiers de la longueur du corps; cette tige n'est pas élargie à son point de fixation au substratum, et repose sur un tout petit disque réfringent.

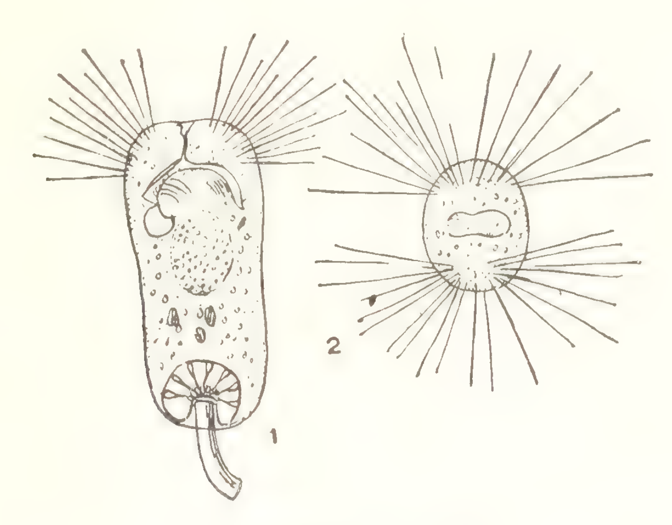


Fig. 4. — Tokophrya actinostyla.

c) Les tentacules, en deux groupements très larges dont chacun représente en réalité deux faisceaux rapprochés, sont extrêmement nombreux; on en compte environ 50 sur chacun des deux groupes (fig. 2).

d) Le cytoplasme est jaunâtre, grâce à la présence normale de poussières et de granulations dorées.

La fig. 1 donne une idée assez exacte de l'apparence particulière de l'animal; dans la fig. 3, l'appareil suprastylaire est représenté avec plus de détails; on y voit au centre un large bouton, en forme de mûre, d'où partent des baguettes radiaires, renflées à leur sommet, et qui vont soutenir une sorte de sac arrondi. L'animal est alors raccordé, non directement à sa tige, mais à un sac, qui lui fournit peut-être un appui de plus ample surface, et même, si j'ai bien observé, pourrait faciliter — comme dans un roulement sur billes — le déplacement du corps, que l'on voit volon-

tiers penché sur sa tige. Dans la fig. 4, le sac est vu d'en haut; les baguettes renflées semblent garnir la sphère tout entière, tandis que dans la fig. 3 on voit qu'elles ne concernent qu'un hémisphère en réalité. Dans la fig. 8, qui représente un individu très jeune (1 $^1/_2$ heure environ après la fixation de l'embryon cilié), l'appareil est dans un état encore peu avancé.

L'embryon est allongé (fig. 5), et possède quatre rangées de cils, qui sont toujours tournés en avant lorsque le petit être s'échappe du corps maternel; le noyau y est caractéristique, en forme de mûre, à grains très volumineux qui diminueront de volume et augmenteront de nombre avec la croissance; dans la fig. 6, l'embryon

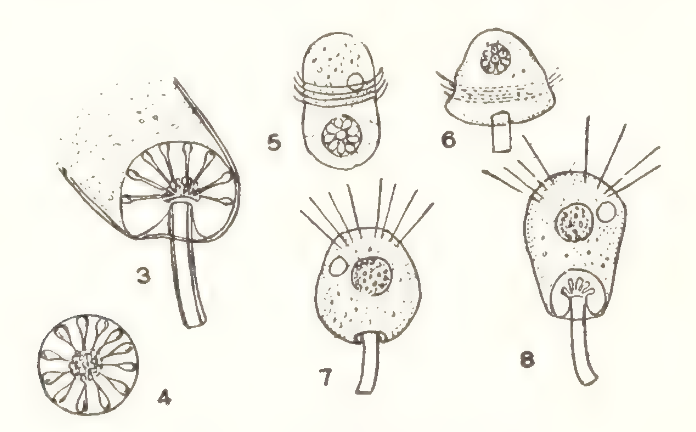


Fig. 5. — Tokophrya actinostyla.

vient de se poser; les cils se désagrègent, la tige a déjà 5 μ de longueur. La fig. 7 représente le même individu 20 minutes plus tard; la tige a 12 μ et le corps en mesure 15; mais à 25 μ la tige cessera de croître, tandis que le corps ira jusqu'à 125 μ à lui seul.

Tokophrya cyclopum (Clap et Lachm.).
Podophrya cyclopum Clap et Lachm. 1860-61.

Corps ovoïde ou pyriforme, rarement cylindroïde, parfois creusé à sa partie postérieure d'une légère dépression dans laquelle s'insère le pédoncule; ce dernier, cylindrique, évasé à son sommet, court, ne dépassant que très rarement la longueur du corps. Tentacules droits, capités, disposés en deux groupes lâches, dont chacun peut être considéré comme formé de deux faisceaux rapprochés. Cytoplasme grisâtre. Noyau sphérique ou ellipsoïdal. Vésicule pulsatile grande, dans la partie antérieure du corps.

Longueur du corps 30 à 60 μ en général. Le plus souvent sur *Cyclops*.

C'est là un Tentaculifère très commun, que l'on ne peut manquer de trouver, à chaque instant, sur les *Cyclops,* et plus rarement sur d'autres Entomostracés, même sur de petits Mollusques. Mes observations sur cette espèce ont été plutôt superficielles, et ne m'ont conduit à aucun résultat nouveau ; et si je consacre ici quelques lignes à cet organisme, c'est que dans une des localités visitées, le marais de Pinchat, je l'ai trouvé sous une forme particulière, qui me l'avait fait prendre tout d'abord pour un type spécifique nouveau. En réalité, cette forme anormale était due à un phénomène assez rare, auquel COLLIN consacre les pages 187 à 189 de son Mémoire, la « transformation totale en embryon », et cela non pas « absolument totale », comme dans les formes qui se reproduisent par division

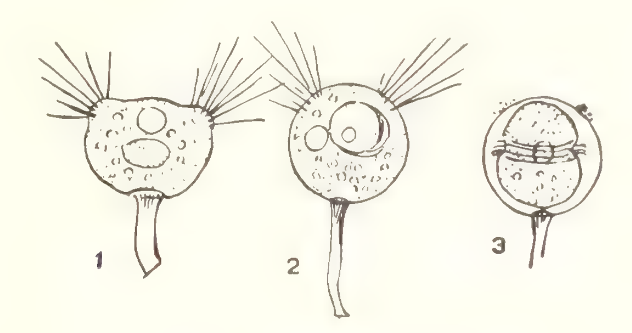


Fig. 6. — Tokophrya cyclopum.

externe *(Sphærophrya, Podophrya)* où l'embryon ne laisse aucun reliquat derrière lui, sinon le style et la loge si l'espèce en est pourvue *(Metacineta),* mais avec abandon de toute l'ancienne cuticule. « En dépit des apparences, dit COLLIN à ce propos, l'individu mobile n'est en aucune façon un « stade mobile » du précédent ; c'est un nouvel individu, autrement orienté... Le phénomène de la transformation totale en embryon, sous quelque aspect qu'il se présente, *doit être interprété comme ayant la valeur d'une véritable division,* mais d'une *division abortive.* Le rejeton supérieur (embryon) est ici seul viable et absorbe à lui seul toute la substance active, l'exemplaire inférieur (ou parent) étant réduit à presque rien, voire même entièrement « virtuel » dans le cas des *Sphærophrya* ».

A Pinchat, les *Cyclops* portaient, en nombre assez restreint d'ailleurs, des *Tokophrya* de forme anormale, et qui se préparaient sans doute à la transformation ; tantôt, comme dans la fig. 1, l'individu était simplement ramassé sur lui-même ; tantôt (fig. 2) on le voyait absolument globuleux, et sa cuticule, brillante et en apparence épaissie, simulait un kyste, mais l'animal conservait ses tentacules déployés, et produisait même des embryons ciliés ; tantôt, enfin, la cuticule

lisse avait revêtu la forme parfaite d'un kyste, dans lequel le cytoplasme tout entier s'était converti en un embryon cilié (fig. 3); et ce dernier, après avoir pivoté longtemps sur lui-même, se faisait jour au dehors par le pôle supérieur de l'enveloppe tégumentaire amincie et désagrégée dans cette région spéciale, et s'échappait en abandonnant derrière lui cette enveloppe tout entière.

Tokophrya glomerata sp. n.

Corps pyriforme, plus ou moins allongé, étiré dans sa partie postérieure; cette dernière insérée sur une tigelle extrêmement courte, presque nulle, n'atteignant pas au delà de la 10e partie de la longueur de l'animal. Sur la face apicale, deux faisceaux lâches de tentacules peu nombreux, élargis et subconiques à leur sommet. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile normalement en arrière du noyau, exceptionnellement en avant. Les animaux se rassemblent en colonies serrées, formant un capitule de 10 à 20 individus et plus encore, qui rayonnent autour d'un centre commun.

Longueur du corps à l'état d'allongement, 20 μ.

Les deux colonies se rapportant à cet organisme que j'ai seules trouvées, à Pinchat, et dont l'une comprenait 21 individus et l'autre un nombre plus considérable encore, flottaient en eau libre, mais elles devaient avoir été détachées d'un soutien quelconque, car toutes deux étaient hémisphériques, les animaux disposés en rayonnant autour d'un centre de matière jaunâtre et poussiéreuse, dépôt sans doute mucilagineux, et d'ailleurs très peu abondant. Transportées sur lamelle évidée, ces colonies se fixèrent l'une sur le porte-objet, l'autre sous le cover. Tout d'abord, après le transport, les différents individus se montrèrent globuleux, ramassés sur eux-mêmes, mais ils s'allongèrent très vite en forme de massue.

La face antérieure, légèrement déprimée, porte deux faisceaux — parfois très lâches et paraissant n'en faire qu'un — de tentacules peu nombreux, courts, plutôt forts, élargis à leur sommet en un cône très allongé que termine un bouton arrondi (fig. 4). Sur la colonie examinée à un faible grossissement, on voit tous ces tentacules, comme une auréole, arriver à peu près à la même hauteur (fig. 1).

Le corps de chacun des individus est rattaché à la région centrale de la masse visqueuse commune par une véritable tigelle, mais si étroite et surtout si courte qu'on ne se rend compte de son existence que lors de la dislocation de la colonie (fig. 2) (sur cette colonie fixée sous le cover, chaque tigelle figurait un point brillant);

en fait, les individus semblent à première vue parfaitement sessiles, et très étroits à leur point de fixation. Ils sont lisses, à plasma clair et pur dans lequel on remarque des grains incolores; le noyau, rond, granulé, se détache nettement à la vue. La vésicule contractile, bien distincte également, se voit normalement dans la partie antérieure du corps lorsque l'animal est arrondi, mais quand il est allongé elle se trouve reportée en arrière.

Dans ces deux colonies, gardées en bonne santé du 10 au 13 avril, il a dû se produire des divisions, car le nombre des animaux y a augmenté, mais je n'ai pas pu suivre le phénomène, sauf partiellement sur l'un des individus, qui a été trouvé

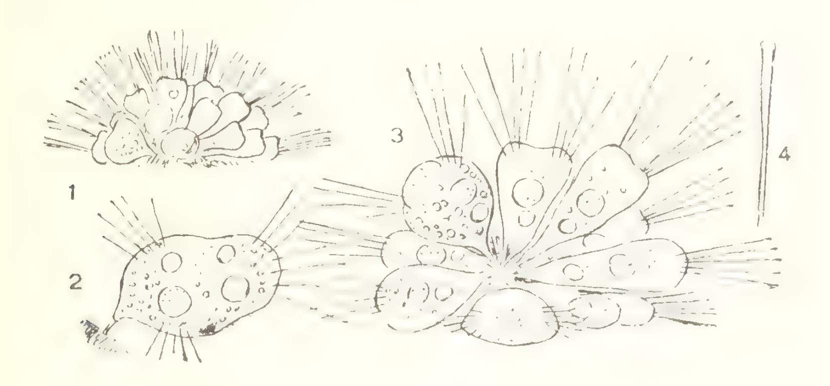


Fig. 7. — Tokophrya glomerata.

le 12 avril très repu, très gros, légèrement étranglé en son milieu, et pourvu de 2 noyaux et de 2 vésicules contractiles (fig. 2); mais les circonstances étaient défavorables, car au 13 avril, l'animal, pourtant sain et avec tentacules déployés, avait à peine changé. Il semble, en tout cas, qu'il s'agisse là d'une division vraie, sans production d'embryon cilié; dans la fig. 3, on remarquera un individu plus vigoureux que les autres, et dans lequel il semble qu'un embryon fasse hernie à la face antérieure; mais les détails en étaient très peu visibles et c'est à la constatation pure et simple du fait que j'ai dû me borner.

Tokophrya gracilipes sp. n.

Corps largement ovoïde, un peu comprimé latéralement, étiré en arrière, et portant sur ses côtés, à gauche et à droite de l'extrémité antérieure, deux faisceaux très lâches de tentacules longs, droits, élargis et subconiques à leur extrémité antérieure. Tige très mince, pleine, à peu près de même longueur que le corps, renflée

brusquement à son point de fixation en un large coussinet en forme de cloche. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile grande, au-dessus du noyau, et s'ouvrant sur la face apicale.

Longueur 18 à 35 μ.

Ce petit Tentaculifère s'est montré à différentes reprises, en juillet et en octobre 1916, dans le Sphagnum mouillé de la tourbière de Valavran. Le corps est arrondi, légèrement comprimé, étiré en arrière en un bouton protoplasmique clair dans lequel s'insère la tige ; cette dernière, très mince mais pleine, solide et rigide, et dont la longueur est à peu près celle du corps, s'est montrée, dans tous les indi-

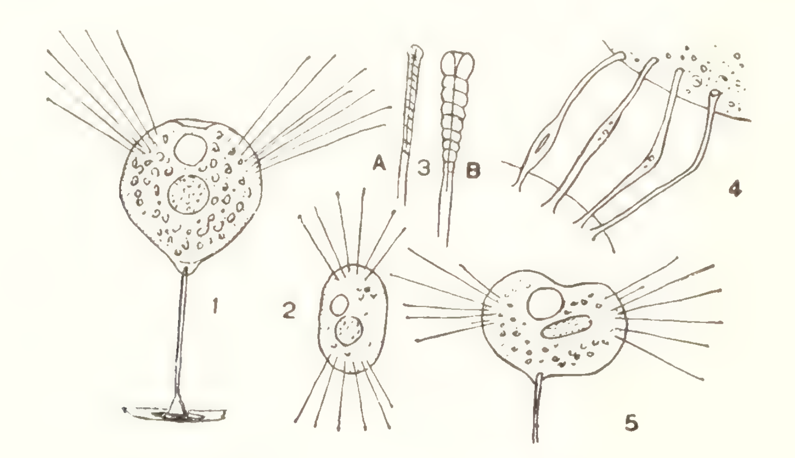


Fig. 8. — Tokophrya gracilipes.

vidus observés, renflée à son extrémité basale en une sorte de cloche, un peu jaunâtre, laquelle repose à son tour sur un disque adhésif chitineux très mince (fig. 1).

Les tentacules, en deux larges faisceaux partant des bords de la face apicale (fig. 2), revêtent une structure particulière, augmentant de largeur d'arrière en avant, et lorsqu'ils ne sont pas longuement déployés, leur tête se montre conique et spiralée (fig. 3). La vésicule contractile, très grande, s'ouvre dans une dépression de la face antérieure (fig. 1).

La fig. 4 montre les tentacules occupés à vider un gros Infusoire; on y voyait des petits grains s'engager dans le tube, le renfler au passage, puis arrivés au niveau du corps tripler brusquement de vitesse en se précipitant tout droit jusque vers le milieu du cytoplasme; il y avait là, semblait-il, d'abord un obstacle à franchir, un

resserrement, au delà duquel le canal devait reprendre son calibre normal et se continuer bien loin dans le plasma. C'est là un phénomène — ou un détail de structure — que nous aurons encore à constater, et sur lequel nous reviendrons plus au long (v. p. ex. *Metacineta mystacina*).

L'animal se reproduit surtout par embryons internes, ellipsoïdaux, qui m'ont paru posséder quatre rangs de cils.

Dans la fig. 5, il s'agit sans doute d'une division, mais que je n'ai pas pu suivre jusqu'au bout, l'animal, au milieu des débris, s'étant perdu pour ne plus être retrouvé.

Tokophrya muscicola Penard 1914.

Corps ovoïde, légèrement comprimé latéralement, à contours anguleux, pourvu d'une membrane particulièrement épaisse et à double contour bien net, légèrement opalescente, et que percent de distance en distance des tentacules vigoureux, courts, au nombre d'une vingtaine, répartis sur le corps entier et suivant une certaine régularité, mais laissant libre l'extrémité postérieure du corps, laquelle s'étire en un pied subconique, recourbé, creux, dont la longueur égale à peu près la moitié de la masse totale de l'animal. Noyau central, sphérique ou ellipsoïdal. Vésicule contractile au-dessus du noyau.

Longueur 23 à 30 μ. Mousses.

Les mousses des bois, des troncs d'arbres, des murs, hébergent toute une série de Tentaculifères sur lesquels l'attention n'a été que très peu attirée jusqu'ici, et qui mériteraient pourtant d'être connus. Adaptés à des alternances rapides de dessèchement et d'humidité, ils ont pour la plupart un revêtement spécial, très épais, et de nature très variée, si bien qu'on a peine à les ramener à des types connus. En attirant au commencement de 1914 l'attention sur ces organismes muscicoles, j'en avais décrit quelques-uns, les faisant rentrer, un peu à l'aventure et conscient d'une ignorance alors presque absolue des Tentaculifères en général, dans des genres dont il faudra probablement les sortir ; mais peut-être vaut-il mieux, aujourd'hui encore, les laisser provisoirement où ils sont.

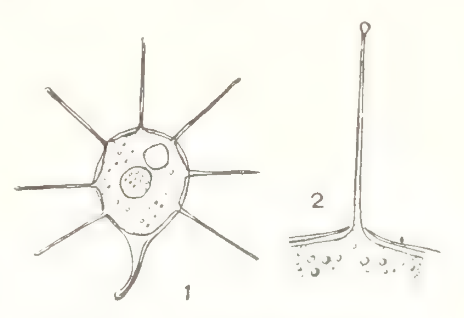


Fig. 9. — Tokophrya muscicola.

La *Tokophrya muscicola* est l'un de ces organismes aberrants. Au mois d'avril

1914, COLLIN[1] voulait bien m'écrire à ce sujet: Oserai-je me permettre une remarque encore, au sujet de « *Tokophrya* » *muscicola*, qui me semble être plutôt une *Podophrya*, tant par la disposition générale des suçoirs (qui ne sont pas fasciculés) que par l'allure générale du corps et la forme du pédoncule? Mais ce n'est là évidemment qu'une « impression »; pour émettre un avis motivé, il faudrait connaître à la fois l'embryon et les kystes ou au moins l'un des deux. » Tout est fort vrai dans ces lignes; mais aujourd'hui, j'irai plus loin encore; il n'y a pas là de *Tokophrya*, mais pas davantage, semble-t-il, de *Podophrya*; quelque chose d'autre, un genre, que je ne saurais où placer lui-même.

Acineta papillifera KEPPEN 1888.

Logette triangulaire, plus longue que large, comprimée, tronquée à angle droit à sa partie antérieure, ouverte sur sa face apicale en une fente qui s'élargit à ses extrémités pour laisser passer deux faisceaux de tentacules droits, vigoureux, relativement peu allongés, distinctement capités, insérés sur deux mamelons eux-mêmes légèrement rétractés en dedans sur la face apicale. Le corps est suspendu dans l'enveloppe, laissant un vide entre le protoplasme et le fond de la logette. Tige pouvant atteindre le double de la longueur de l'animal, droite, creuse, reliée à l'enveloppe par un appareil de fléchissement spécial. Cytoplasme renfermant normalement des petits grains jaunâtres. Noyau sphérique ou ellipsoïdal, accompagné d'un micronoyau volumineux. Vésicule contractile dans la partie antérieure du corps, et s'ouvrant à la face apicale.

Longueur de la logette 100 à 120 μ; longueur de la tige 165 μ.

Mousses.

Ce beau Tentaculifère a passé longtemps pour spécial à l'eau salée ou tout au moins saumâtre, jusqu'au moment où KEPPEN (1888) l'a indiqué dans l'eau douce aux environs de Kief. En le retrouvant moi-même, en 1913, dans la mousse au pied d'un tronc de chêne, j'avais été fort étonné; mais c'était un exemplaire unique et en même temps incomplet, déchiré, et l'on pouvait se demander si en définitive l'eau du lavage des mousses, provenant des conduites de la Ville de Genève, n'était pas en cause; mais tel n'était pas le cas, car au printemps de 1916

[1] Ce sont là les dernières lignes que j'ai reçues de cet aimable correspondant auquel des travaux de la plus haute valeur promettaient un avenir brillant et qui trouvait en effet la gloire, à peu de temps de là, dans les plaines de la Marne.

je l'ai retrouvé, et dans la mousse encore[1], sur un vieux mur au « Chemin de la Montagne » ; c'était, également cette fois, un exemplaire unique, mais parfait, avec sa tige entière, creuse, légèrement évasée à son point de fixation. Dans le plasma clair, on voyait ces poussières et ces petits grains jaunes qui sont caractéristiques de l'espèce; le noyau (fig. 5), ovoïde, bien distinct, se montrait fortement vacuolisé, avec petits grains clairs entre les vacuoles; le micronucléus, tout près, était nettement visible, fait exceptionnel chez les Tentaculifères où on ne l'aperçoit jamais bien net sur le vivant.

« L'*Acineta papillifera* », dit COLLIN, « se reconnaît toujours avec facilité, grâce à un détail de structure qui n'appartient qu'à elle : l'appareil de fléchisse-

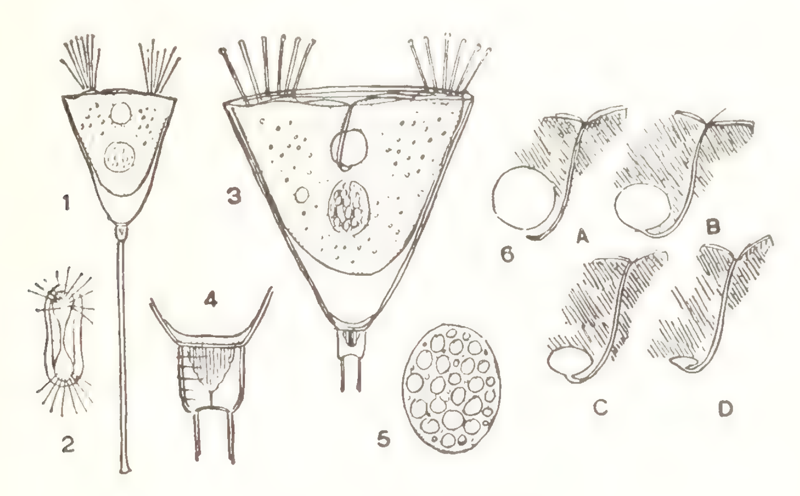


Fig. 10. — Acineta papillifera.

ment au sommet du pédoncule. » Cet appareil a été décrit fort exactement soit par KEPPEN (1888) soit par MARTIN (1909), mais ces auteurs y décrivent chacun une structure un peu différente; KEPPEN indique une paire de « papilles » opposées, laissant entre elles un vide dans l'intérieur du coussinet ou renflement de flexion; MARTIN parle d'un « tube de raccord » ; COLLIN regarde comme vraisemblable que « sur l'animal très jeune, le style et la loge sont d'une seule venue et les fibrilles du faisceau squelettique se continuent de l'un à l'autre, sans aucune trace d'interruption »; plus tard, le faisceau fibrillaire se détruirait et les deux papilles, accolées tout d'abord étroitement l'une à l'autre, se sépareraient. Si l'on compare entre elles la figure que j'ai donnée de cette espèce en 1914 avec celle que l'on trouve ici, on

[1] Inutile, après ce contrôle, de mettre en cause l'eau du lac, que j'emploie depuis 30 années, sans qu'elle ait jamais renfermé le Tentaculifère en question.

y constatera une certaine différence; dans la première, la bande axiale grise traversait le coussinet tout entier (pour aller probablement rejoindre un faisceau axial de la tige); dans la seconde (fig. 4) la bande grise, ou « papille » caractéristique, est libre, détachée du fond du coussinet, mais montre encore à son extrémité un filament très fin, qui sans doute, à l'origine, rejoignait le faisceau axial du pédoncule. Cette papille, il faut l'ajouter, m'a paru striée dans sa longueur.

La fig. 2 montre la logette par la face apicale; on voit qu'elle est comprimée, et en même temps, qu'elle n'est pas ouverte par sa face tout entière, mais que la membrane d'enveloppe s'y replie en dedans, pour ne laisser libre qu'une fente élargie à ses commissures autour des faisceaux de tentacules.

La fig. 3 laisse également deviner ce reploiement de la membrane d'enveloppe; mais elle montre autre chose encore, la vésicule contractile et la curieuse disposition du canal qui relie cette dernière avec le dehors; au lieu de s'aboucher avec le pôle supérieur de la vésicule, ce canal, en effet, s'allonge, se recourbe et va en chercher le pôle inférieur; et alors, on voit la vésicule s'y vider par dessous, et diminuer toujours plus d'ampleur, non pas de bas en haut comme c'est le cas en général, mais de haut en bas, cela pendant que le liquide renfle au passage le canal de sortie (fig. 6, *a*, *b*, *c*, *d*). Cette curieuse disposition n'a, je crois, été remarquée dans aucun Tentaculifère, et paraît paradoxale, mais j'ai pu m'assurer qu'elle existe bien réellement.

Acineta fluviatilis Stokes 1885 (1888, p. 312).

Logette triangulaire-allongée, comprimée, acuminée en arrière, tronquée brusquement en avant, ouverte à sa face apicale en une fente qui s'élargit à ses extrémités pour laisser passer deux faisceaux de tentacules droits, capités, relativement courts, partant de deux mamelons latéraux fortement rétractiles. Cette logette est parcourue sur ses deux faces d'une dépression longitudinale médiane, que borde à gauche et à droite un renflement nettement accusé. Cytoplasme remplissant la logette entière; il est généralement plus ou moins rempli de petits grains dorés. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile dans la partie antérieure du corps, et s'ouvrant sur la face apicale. Tige droite, mince, généralement un peu plus longue que la logette.

Longueur de la logette 65 μ; largeur 32 μ.

A la page 341 de son ouvrage classique (1912) Collin s'exprime en ces termes: « *Acineta grandis* Kent, *fluviatilis* Stokes, *lacustris* Stokes, *aequalis* Stokes, *cuspidata* Kellikott, forment toute une série d'espèces d'eau douce à

deux faisceaux de tentacules, correspondant assez aux espèces marines précitées. Mais en l'absence de documents concernant leurs embryons, nous ne pouvons encore savoir s'ils sont à rattacher phylogénétiquement au groupe de *A. tuberosa*, ou bien aux *Tokophrya* pourvues d'une loge rudimentaire, telles que *T. lemnarum* .

Ce doit bien être l'*Acineta fluviatilis* de STOKES que j'ai trouvée dans l'été de 1918 à l'Ariana, fixée presque toujours à des conferves qui pullulaient sous les Nénuphars. Cependant STOKES est un peu trop avare de renseignements, et comme il indique une tige très courte, n'arrivant pas au delà du tiers de la longueur du corps, l'identification n'est pas certaine. La forme de l'Ariana rappelle en même temps, et même de beaucoup plus près, cette *Acineta* que GRUBER (1914) a trouvée en grande quantité sur des Conferves au bord du lac de Constance, mais dont il n'indique pas les caractères et à laquelle il n'a pas rattaché de

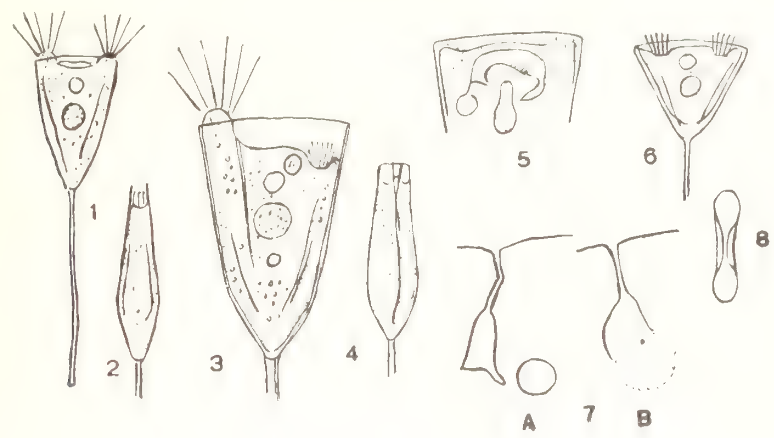


Fig. 11. — Acineta fluviatilis.

nom. Peut-être aussi la « forme naine » d'*Acineta tuberosa* que COLLIN représente à la page 111 de son volume, serait-elle encore l'*Acineta fluviatilis* de STOKES. En tout cas, la jolie petite espèce dont j'ai fait l'étude est certainement autonome, et ses caractères particuliers la feront toujours reconnaître facilement.

La logette, conique, deux fois aussi longue que large à l'état complètement développé, est comprimée latéralement, mais cela d'une manière assez spéciale: la compression concerne surtout une plage médiane, que borde de chaque côté un renflement latéral ; ainsi constituée, cette logette vue par la tranche, est simplement fusiforme (fig. 2), mais si l'on fait tourner quelque peu la préparation (fig. 4), elle revêtira l'apparence d'une logette double, que l'on croirait volontiers en cours de division. Vue d'en haut, ce sera à peu près la fig. 8. Dans la fig. 6, nous avons encore autre chose, une logette en voie de croissance; sur l'individu spécialement consi-

déré, elle mesurait 26 μ le 13 juillet, et en atteignait 31 le lendemain matin ; la croissance est donc assez lente, mais peut-être faut-il attribuer cette lenteur aux conditions défavorables dues à l'isolement.

Les tentacules, forts et courts, prennent naissance aux côtés de la logette sur deux renflements très nettement dessinés; mais lorsque ces tentacules se rétractent — ce qu'ils font volontiers et très rapidement — les renflements disparaissent. et même à leur place on finit par trouver une concavité; très souvent aussi, l'un des faisceaux se trouvera déployé, tandis que l'autre se verra tassé dans un creux (fig. 3).

Le cytoplasme est clair et pur ; il renferme presque toujours des petits grains dorés, analogues à ceux que nous avons vus dans *Acineta papillifera.* La vésicule contractile se trouve sur une ligne médiane à quelque distance de la face apicale ; elle est reliée avec le dehors par un canal élargi lui-même en arrière en une poche assez vaste, d'un aspect tout particulier; dans la fig. 7, on voit en *a* la vésicule encore peu gonflée, et très voisine d'un diverticule de la poche; en *b*, un peu plus tard, la vésicule distendue va tout juste se vider et remplir la poche dont les parois se sont largement écartées l'une de l'autre.

Bien qu'ayant examiné dans le courant des mois de juillet et d'août un nombre d'individus assez considérable, jamais à cette époque il ne m'est arrivé de constater la division; mais à la fin de décembre, dans une eau très froide où flottaient des glaçons, il s'en est montré plusieurs cas; cependant, il ne m'a pas été possible de les étudier tout au long, et je me contenterai de reproduire en quelques traits, dans la fig. 5, ce que j'en ai pu voir sur l'individu le mieux examiné; à 10 h. 10, l'embryon s'y trouvait nettement dessiné, avec des lignes ciliaires qui m'ont paru être au nombre de 6 (?); à 11 h. 05, c'était une boule, ou plutôt un ellipsoïde, déjà libre, mais dont je n'ai pu suivre plus loin les évolutions.

Periacineta lacustris Stokes

Acineta lacustris Stokes 1886 (1888, p. 314).

Logette allongée, subcylindrique ou subvasiforme, 2 $^1/_2$ ou 3 fois aussi longue que large, comprimée, légèrement convexe ou ondulée à son bord apical; étirée à son extrémité postérieure en un pied très court, creux, évasé à son point de fixation; ouverte à sa face apicale pour laisser passer, aux deux angles de la troncature, deux faisceaux de tentacules longs, fins, nombreux, capités. Cytoplasme remplissant la logette entière sans pénétrer dans le pied. Noyau en boudin court. Vésicule contractile unique, antérieure, s'ouvrant sur la face apicale.

Longueur 100 μ environ.

La diagnose relative à cette espèce est le résultat des observations que j'ai pu faire sur un unique individu; et les renseignements obtenus se bornant à fort peu de chose, j'avais à tout hasard conservé mes notes sans l'intention de les publier, lorsque l'ouvrage de STOKES m'a fait connaître l'*Acineta lacustris*, à laquelle on peut assimiler cet organisme, trouvé à l'Ariana en octobre 1918. C'est bien là, me semble-t-il, une forme autonome, mais qu'il faudrait plutôt rapporter au genre *Periacineta* de COLLIN, créée pour « les Acinétiens pourvus d'une loge qui est *fixée directement au substratum,* sans l'intermédiaire d'un pédoncule structuré (style proprement dit). La base de la loge s'atténue au-dessus du point de fixation, et se termine en pédoncule, au lieu d'être adhérente par toute la face basale, comme par exemple dans les *Solenophrya* ».

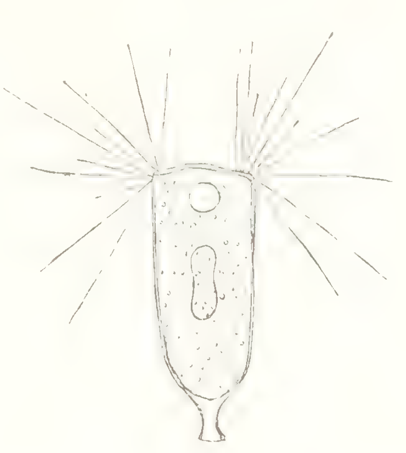


Fig. 12. — Periacineta lacustris

Ce n'est pas là, malgré une ressemblance apparente, la *Podophrya buckei* de KENT 1882, que nous allons retrouver, mais peut-être bien cette *Periacineta lacustris* correspond-elle pourtant à la *Periacineta buckei* telle que COLLIN l'a étudiée et reproduite dans la fig. 92 de son grand ouvrage (p. 354). Si tel était le cas, il y aurait eu confusion et la *Periacineta buckei* COLLIN devrait devenir *Periacineta lacustris* (KENT) (*Acineta lacustris* STOKES).

? Periacineta buckei (KENT) COLLIN 1912
Podophrya buckei S. KENT 1882.

Logette grisâtre, mince, droite, 3 ou 4 fois aussi longue que large, comprimée sur ses côtés, légèrement excavée sur son bord antérieur, arrondie en arrière puis prolongée en un pédoncule extrêmement court, presque nul. Sur la face apicale, 2 faisceaux de tentacules forts et relativement peu allongés, tronqués à leur extrémité sans renflement appréciable. Cytoplasme remplissant la logette entière, sauf la pointe postérieure. Noyau allongé, droit, longitudinal. Vésicule contractile très rapprochée de la face apicale, sur laquelle elle va s'ouvrir.

Longueur 63 μ.

Comme pour l'espèce précédente, ce n'est malheureusement encore que par un seul individu que j'ai pu connaître cette espèce. L'animal allait à la dérive, attaché

à une petite particule ou fibre végétale en décomposition; mais j'ai pu le conserver trois jours en bonne santé. Il ne m'a pas été possible d'identifier cet unique exemplaire avec la *Periacineta buckei* telle que COLLIN l'envisage (qui serait plutôt l'*Acineta lacustris* de STOKES, comme nous venons de le voir) mais il me semble plutôt que nous avons là la *Podophrya Buckei* de KENT (1882), soit *Hallezia Buckei* de SAND (1901). L'apparence est en effet toute différente de celle de l'organisme étudié par COLLIN; l'enveloppe, plus étroite, à bords rectilignes, fortement comprimée (fig. 2, coupe transversale), est grisâtre, rugueuse plutôt que lisse, terminée en arrière par un prolongement pointu, étroit; en avant, elle est excavée sur les côtés; le noyau est plus allongé, les tentacules sont plus courts et plus larges.

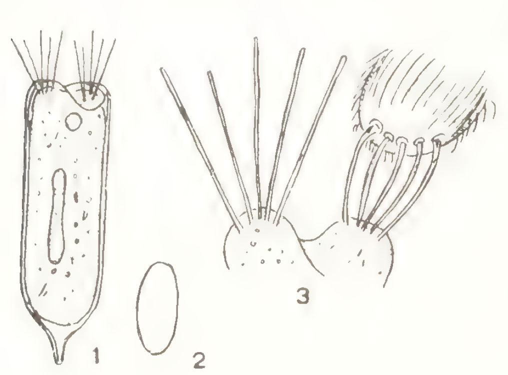


Fig. 13. — Periacineta buckei.

A ce propos, j'attirerai l'attention sur la fig. 3 qui montre la partie antérieure de l'animal telle qu'elle était au moment précis où je vins à découvrir ce dernier. Un petit Infusoire vint sous mes yeux se précipiter sur l'un des faisceaux, et les tentacules s'appliquèrent immédiatement sur lui, mais en s'élargissant au point de contact en une ventouse particulièrement développée, un disque aplati dont le diamètre était du triple au moins de celui du tube dont elle constituait l'extrémité.

Periacineta triangularis sp. n.
? **Acineta urceolata** STOKES 1885 (1888, p. 315).

Logette en forme de triangle équilatéral, fortement comprimée, prolongée en arrière en un pied très court, presque nul; ouverte à ses angles antérieurs en deux orifices par lesquels sortent deux faisceaux de tentacules longs et fins, capités, prenant naissance sur un mamelon terminal. Cytoplasme remplissant la logette entière, mais sans pénétrer dans le pied. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile dans la partie antérieure du corps, et s'ouvrant sur la face apicale.

Longueur et largeur, 40 à 65 μ.

La *Periacineta triangularis* vivait en compagnie de l'*Acineta fluviatilis*, à l'Ariana, dans l'automne de 1918, et tout d'abord j'avais cru pouvoir la considérer comme n'en représentant qu'une forme particulière; peut-être y avait-il là,

semblait-il, des individus jeunes, où la logette n'aurait pas atteint sa croissance entière; mais il m'a fallu bien vite revenir sur cette opinion; la forme de triangle équilatéral est définitive; le pied reste toujours extrêmement court, c'est un simple petit prolongement de l'enveloppe, et non pas une vraie tige; de plus, les deux faisceaux de tentacules — minces, mais fortement capités, — prennent naissance non pas simplement aux côtés de la face apicale, mais aux deux angles antérieurs du triangle, et dans une sorte de poche (fig. 1, 4) ou de troncature de la pellicule d'enveloppe; cette dernière, en effet, se replie sur la face apicale, mais en laissant à gauche et à droite un vide cupuliforme pour le passage des faisceaux (fig. 2); c'est

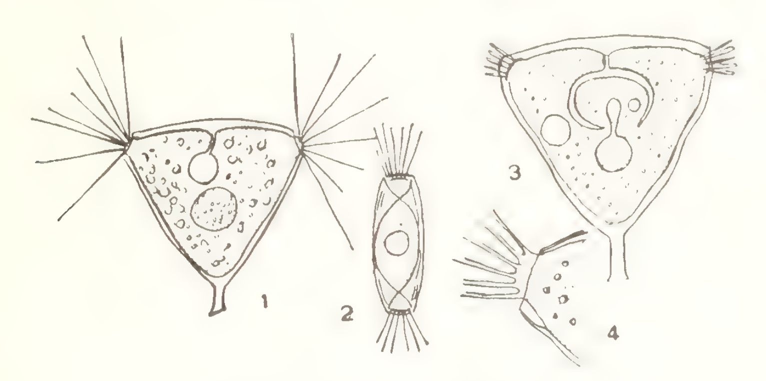


Fig. 14. — Periacineta triangularis.

là une disposition assez curieuse, que nous retrouverons, modifiée, dans *Periacineta Gammari.*

Le corps, très fortement comprimé latéralement (fig. 2, qui montre en même temps la face apicale et le repli de l'enveloppe), renferme un gros noyau arrondi, très peu visible au milieu des grains qui remplissent le plasma, puis une vésicule contractile, qui vient déverser son contenu à la face apicale; mais dans les deux occasions où j'ai pu observer la formation d'un embryon (fig. 3), on voyait cette vésicule, repoussée assez loin et sur le côté, s'ouvrir dans le sac embryonnaire.

Cette espèce rappelle l'*Acineta urceolata* de Stokes (1885), sur laquelle les renseignements sont très incomplets, et dont la vésicule contractile est donnée comme postérieure.

Periacineta gammari sp. n.

Logette urcéolée, comprimée, souvent aussi large que longue et parfois même plus, légèrement convexe en avant, arrondie en arrière puis étirée en un pied large, très court, creux. Face apicale ouverte en une fente qui s'arrondit sur les deux

angles latéraux, en même temps que la cuticule d'enveloppe s'y soulève de chaque côté comme une sorte de cuvette, par laquelle se font jour deux faisceaux de tentacules fins, très mobiles, souvent rétractés en spirale, à extrémité à peine capitée. Cytoplasme clair, remplissant la logette entière mais sans pénétrer dans le pied. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile dans la partie antérieure du corps, latérale mais s'ouvrant par un canal diagonal au centre de la face apicale.

Longueur 35 à 40 μ; largeur relativement très variable.

Sur les pattes de *Gammarus pulex*.

Ce petit Tentaculifère semble être resté inaperçu jusqu'ici; ou en tout cas, s'il a été décrit ce n'est que d'une manière très insuffisante, car il m'a été impossible de le ramener à aucune forme connue; et pourtant il n'est pas rare, toujours sur les *Gammarus*, où il ne manque presque jamais; mais à vrai dire, il y est si bien caché entre les grosses épines qu'on trouve à la jointure des pattes, et si fortement attaché à son hôte, qu'on ne le distingue qu'avec difficulté; pour bien le voir, il faut briser, dilacérer les pattes des *Gammarus*, et alors seulement pourra-t-on l'étudier.

La forme est assez variable: toujours plus ou moins campanulée, tantôt plus longue que large (fig. 1) et tantôt plus large que longue (fig. 4), la logette se ratta-

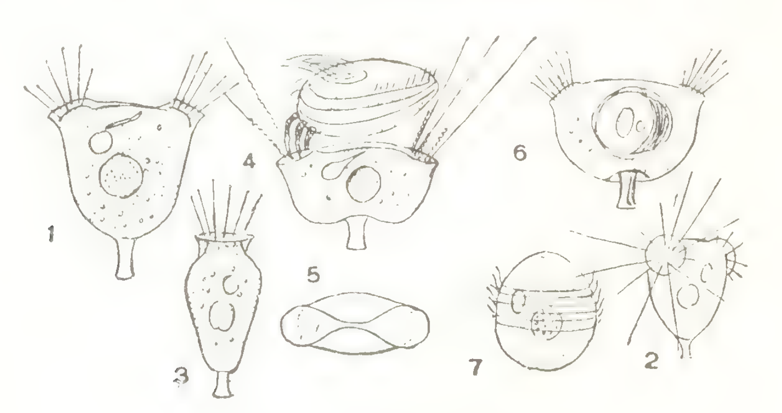


Fig. 15. — Periacineta gammari

che au soutien par un pédoncule large mais extrêmement court, presque toujours invisible sur l'animal si bien caché, et l'on a beaucoup de peine à déterminer si ce prolongement figure une tige réelle (fig. 5, 6), ou s'il appartient à la logette elle-même (fig. 1), autrement dit, si nous avons une *Acineta* ou une *Periacineta;* mais en dépit des apparences, qui conduiraient trois fois sur quatre au genre *Acineta*, je crois bien m'être convaincu qu'il y a là une *Periacineta* en réalité (voir p. 156).

L'enveloppe est assez fortement comprimée sur ses côtés, et se replie sur la

face apicale, en laissant deux larges ouvertures (fig. 5) par où passent les tentacules; mais de plus, la pellicule s'y relève, autour des deux faisceaux, en deux larges oreillettes, plus ou moins évidentes suivant les individus, et qui, suivant l'orientation de l'animal, se présentent sous des aspects assez différents, tantôt comme des roues (fig. 2), tantôt comme de simples collerettes (fig. 3, où l'animal est vu exactement par le côté; dans la fig. 2 il était vu de trois quarts).

Les tentacules se déploient avec une grande rapidité, et peuvent atteindre environ deux fois la longueur de l'animal; ils se rétractent tout aussi vite, en quelques secondes, » en accordéon », suivant l'expression très juste dont COLLIN s'est servi pour un autre Tentaculifère. Dans la fig. 4 on en voit trois occupés à vider une petite *Larvulina variabilis,* qui vient de s'abattre tout à coup sur les deux faisceaux à la fois.

La vésicule contractile, à la partie antérieure du corps, est toujours un peu de côté; elle se vide dans un canal qui va s'ouvrir au centre de la face apicale, et qui ne se voit guère qu'au moment où le liquide le dilate en passant; comme dans quelques autres Infusoires, ce canal mérite à peine son nom, c'est plutôt un passage voûté, un vide laminaire, dont le plafond est durci en une plaque résistante.

Dans la fig. 6, nous assistons à la formation d'un embryon cilié, d'ailleurs presque mûr et qui va bientôt s'échapper; libéré (fig. 7), il est ovoïde, très large, et si j'ai bien observé, possède six couronnes de cils; mais il me reste des doutes sur l'exactitude de mes observations, concordantes, il est vrai, sur deux individus différents, mais rendues incertaines par le temps très court — deux ou trois secondes seulement — pendant lequel les petits êtres ont pu être suivis après leur libération.

Thecacineta cæpula sp. n.

Logette incolore ou très légèrement jaunâtre, lisse, délicate, cordiforme, comprimée de haut en bas et plus large que longue, à face inférieure étalée puis creusée par-dessous d'une dépression qui sur un point central se renverse pour former un pédoncule très court, creux, lequel va se fixer au substratum par l'intermédiaire d'une plaquette adhésive. Cette enveloppe est ouverte en un large orifice apical, des bords duquel partent en rayonnant dans tous les sens des tentacules longs et fins, capités, nombreux. Cytoplasme ne remplissant qu'une partie de la logette. Noyau sphérique ou ellipsoïdal, subcentral. Vésicule contractile latérale, dans la partie antérieure du corps.

Diamètre transversal 33 μ; diamètre antéro-postérieur 18 μ. Mousses.

Je n'ai malheureusement rencontré qu'un exemplaire se rapportant à cette espèce, dans les mousses de la tourbière de Valavran; mais comme il m'a été possible de l'examiner plusieurs heures durant, et que l'animal se présente sous des dehors très caractéristiques, je n'hésite pas à le décrire.

Collin a créé le genre *Thecacineta* pour un certain nombre de Tentaculifères « qui possèdent comme enveloppe protectrice une « coque » et non une « loge (p. 348) » et il « réserve le nom de *coque* aux enveloppes terminées supérieurement par un bord libre, et au contraire celui de *loge* aux enveloppes qui se trouvent par en haut au contact de la face supérieure du corps et continues avec celle-ci. »

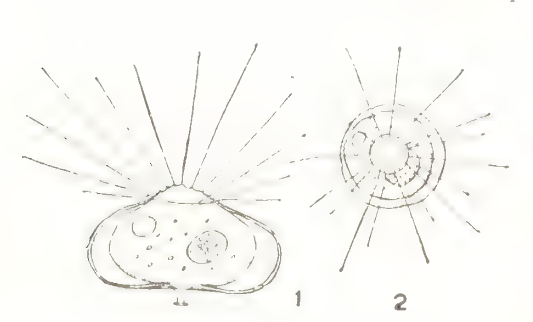


Fig. 16. — Thecacineta caepula.

Dans les *Periacineta*, nous avions une loge; dans l'organisme qui nous occupe actuellement, nous avons certainement une coque, et c'est au genre *Thecacineta* qu'il faut alors le rapporter.

La fig. 1 donne une idée assez exacte de l'enveloppe, dont la forme rappellerait vaguement celle d'un oignon; dans la fig. 2, on voit l'animal d'en haut, et les tentacules, en un seul faisceau, rayonnent dans tous les sens.

Solenophrya calyciformis sp. n.

Logette en forme de gobelet, droite, incolore, une fois et demie aussi longue que large, arrondie en arrière mais reposant sur un prolongement pédieux plissé, ridé, incolore, presque nul dans sa hauteur mais dont la largeur arrive aux trois quarts de celle de l'enveloppe. Cette dernière est ouverte en avant, et à angle droit sur l'axe longitudinal, sur sa largeur tout entière, et même se montre légèrement évasée, laissant à nu la face apicale du corps, que borde une couronne de tentacules fins, nombreux, très longs, capités. Cytoplasme remplissant la logette entière, mais sans pénétrer dans le prolongement pédieux. Deux vésicules contractiles, latérales, près de l'extrémité antérieure du corps.

Longueur de la logette 35 μ; largeur 26 μ.

La forme de la logette est ici celle d'un large gobelet, sub-cylindrique, très légèrement évasé à son bord supérieur, à peine resserré en arrière pour reposer

sur le soutien par sa face basale presque entière ; il n'y a pas de compression latérale, mais cependant la coupe transversale de cette logette fournit une figure qui se rapprocherait quelque peu d'un carré (fig. 2). Le cytoplasme, dans lequel on voit de nombreux petits grains jaunes, remplit l'enveloppe entière, sans pourtant y adhérer ; les tentacules, très nombreux et très longs, sont capités, et prennent naissance sur toute la face apicale, le centre excepté. Deux vésicules contractiles, dans la partie antérieure du corps, fonctionnent régulièrement.

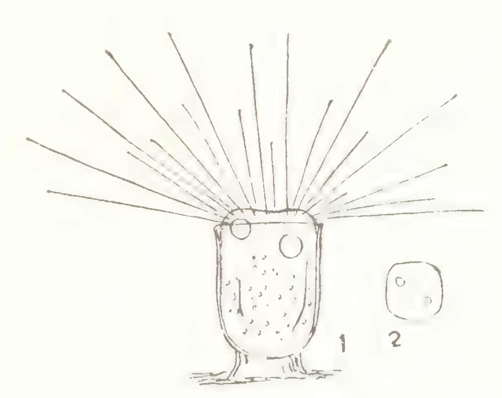


Fig. 17. — Selenophrya calyciformis.

Je n'ai pas pu distinguer le noyau, caché par les granulations qui remplissent le plasma, et il ne m'a pas non plus été possible d'observer l'embryon cilié.

Mes observations ne se rapportent malheureusement qu'à deux individus, trouvés l'un le 6 juillet et l'autre le 12 du même mois, dans l'étang de l'Ariana.

Il y aurait, à propos de la membrane de l'enveloppe, un détail à vérifier : sur l'un des deux individus, cette enveloppe m'a paru piquetée ou guillochée de petits points symétriquement disposés, un peu comme dans les *Arcella;* mais peut-être y avait-il confusion avec des poussières agglutinées.

Solenophrya dubia sp. n.

Enveloppe hémisphérique-sacciforme, dépourvue de pied, chitinoïde, flexueuse, ondulée-plissée, plastique, largement ouverte en avant mais susceptible de se replier quelque peu sur la face apicale. Cette dernière porte un nombre assez considérable de tentacules longs et minces, coniques à leur extrémité, disposés vaguement en 4 faisceaux très lâches et qui semblent se fondre les uns dans les autres, mais laissent libre la région médiane de cette face antérieure. Cytoplasme remplissant à peu près l'enveloppe entière, sans y adhérer nulle part. Noyau central, sphérique, ou ellipsoïdal. Généralement trois vésicules contractiles, dans la moitié postérieure du corps, et dont l'une, plus grande, semble être seule la vésicule normale.

Diamètre 55 μ; hauteur 40 μ. Mousses.

La dénominatiou que j'ai cru pouvoir affecter à cet organisme est due à la grande ressemblance qu'il présente avec la *Sol. bulbacea,* si bien que j'ai tout d'abord hésité à séparer les deux formes ; mais mes doutes n'ont pas tenu devant

des observations prolongées; l'enveloppe seule est à peu près la même, tout le reste est bien différent.

Le corps, globuleux en principe, mais comprimé à son pôle antérieur, est entouré d'une sorte de cupule ou de sac, qui se moule sur lui, et le recouvre même à son bord apical; et cette enveloppe, incolore, lisse, flexueuse, d'apparence chitinoïde, repose directement sur le substratum, sans doute attachée par une matière glutineuse, mais sans l'aide d'un pédoncule distinct.

Les tentacules se montrent disposés sans ordre sur la face apicale, mais en y regardant de plus près, on y reconnait des faisceaux, au nombre, semble-t-il, de quatre, mais reliés les uns aux autres par des tentacules plus clairsemés. Ils revêtent une apparence spéciale; leur extrémité est renflée en une sorte de manchon cylindro-conique, lui-même élargi en un bourrelet convexe à son bord antérieur (fig. 4).

Les vésicules contractiles semblent varier en nombre; tout au moins, sur l'un

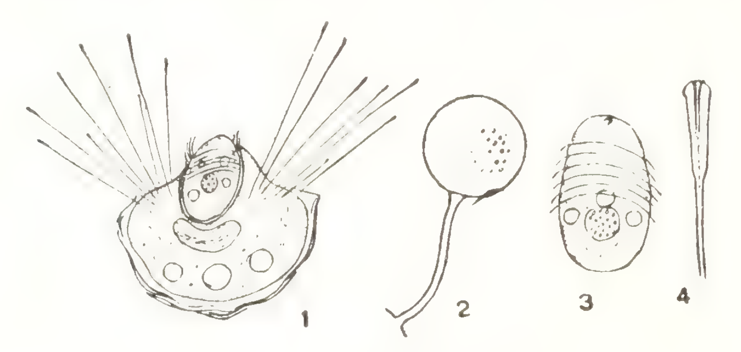


Fig. 18. — Solenophrya dubia.

des deux individus observés, et qui a été conservé trois jours, en voyait-on quatre tout d'abord; puis, plus tard, dans l'après-midi, on n'en trouvait plus que trois (fig. 1), et enfin, dès le second jour il n'en restait que deux, dont l'une, plus grande, semblait être la principale et fonctionnait avec plus d'activité que l'autre.

Le noyau est normalement sphérique, et si dans la fig. 1 on le voit allongé, avec les granulations qui le remplissent disposées en trainées, c'est sans doute qu'il n'a pas encore repris sa forme normale, après avoir envoyé un lobe dans l'embryon qui va se détacher.

Cet embryon (fig. 3) est ovoïde, relativement allongé, et muni de lignes ciliaires serrées, dont le nombre m'a paru être de 6 au moins, sans que j'aie pu m'assurer du fait. Les vésicules contractiles y étaient au nombre de 4 (fig. 1), mais l'embryon libéré n'en montrait que trois, ou par instants deux seulement.

La fig. 2 montre — on aurait peine à le croire — un petit Infusoire, un *Myc-*

terothrix, réduit à l'état de vessie sphérique après avoir été capturé par un tentacule. Tout son contenu avait passé peu à peu dans l'Acinétien, même à son tour le noyau, qui s'était allongé pour franchir l'obstacle ; mais à l'exclusion des grains d'excrétion, inutiles, qui restèrent jusqu'à la fin dans la vessie maintenant vide. On voyait le tentacule s'agiter en déplacements flexueux, et la grande sphère creuse qu'il portait à son extrémité évasée semblait tourner sans arrêt sur elle-même, suivant une ligne allant d'un pôle à l'autre, en glissant sur l'évasement du tentacule. En réalité, la sphère était immobile, et l'illusion était due aux petits grains qu'elle renfermait, emportés par un courant circulaire causé sans doute par l'aspiration, et dont les uns venaient s'engloutir dans le canal, les autres continuant leur route et remontant vers le pôle apical. A la fin, l'outre vide, réduite à une pellicule extrêmement fine, creva d'un coup.

La *Solenophrya dubia* s'est trouvée dans les mousses d'un mur, à Malagnou ; deux seuls individus, malheureusement, mais dont l'un a été conservé trois jours ; à la fin du second jour, il retira tous ses tentacules, s'arrondit en un kyste lisse, sous son enveloppe plissée, et en resta là.

Solenophrya bulbacea sp. n.

Enveloppe cupuliforme ou vagement hémisphérique, très déformable dans sa partie postérieure où elle est tantôt prolongée d'un mamelon de fixation, tantôt au contraire déprimée et flexueuse. Largement ouverte et un peu évasée à son bord antérieur, elle semble se prolonger en avant en une sorte de second revêtement, constitué par une épaisse couche de mucilage bourré de poussières et de paillettes, et que les tentacules ont à traverser pour s'épanouir au dehors. Ces tentacules, qui partent sans ordre de toute la surface apicale, sont longs et minces, capités, extrêmement mobiles, devenant fusiformes ou même subconiques hors de la rétraction. Cytoplasme grisâtre, ne remplissant pas l'enveloppe entière. Noyau sphérique, subcentral. Vésicule contractile unique, latérale et dans la moitié postérieure du corps.

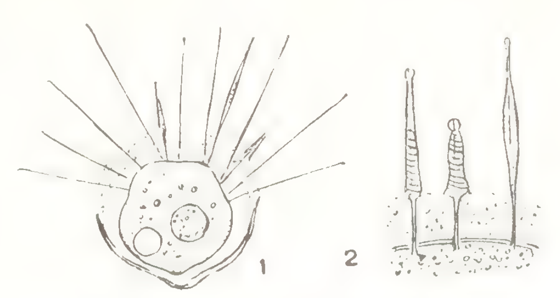


Fig. 19. — Solenophrya bulbacea.

Diamètre 45 à 50 μ, y compris l'enveloppe.

Cette espèce, de même taille que la précédente, la rappelle à première vue de très près, mais elle en diffère nettement en réalité, par ses tentacules à forte tête ronde, par son revêtement antérieur mucilagineux, par sa vésicule contractile unique. Je l'ai trouvée à Florissant, aquatique et non pas muscicole, et très rare, trois ou quatre individus seulement ayant pu être examinés.

L'enveloppe est presque identique à celle de la *Sol. dubia,* transparente, incolore ou bien un peu jaunâtre, bosselée, terminée en arrière par un renflement adhésif; en avant, elle est béante, mais alors, toute cette face apicale est recouverte d'une sorte de manteau mucilagineux, très épais, et rempli d'une infinité de poussières et de paillettes minuscules; c'est là un tégument spécial, qui recouvre l'animal mais ne se prolonge pas dans l'intérieur de l'enveloppe.

Les tentacules, longs et minces, et disposés irrégulièrement sur toute la face apicale, sont très mobiles, s'allongeant et se rétractant continuellement, et prenant alors une apparence assez curieuse: tantôt ils se renflent en fuseau (fig. 1, 2), tantôt ils s'élargissent en une sorte de massue plissée en travers, terminée par un gros bouton, et reposant par une base étalée sur le manteau mucilagineux; puis on les voit plus en arrière se continuer tout droit, et fortement rétrécis, à travers le manteau, jusqu'au corps proprement dit. Cette configuration spéciale provient du fait que le tube axial du tentacule opère normalement et tout droit son retrait, tandis que la gaine externe, retenue par l'enveloppe mucilagineuse, est obligée de se plisser, de se ramasser sur elle-même pour se conformer au mouvement.

Solenophrya micraster PENARD 1914.

Capsule jaunâtre, chitineuse, comprimée dans le sens antéro-postérieur, dépourvue de tige, arrondie-pentagonale dans son contour. Face apicale creusée de 5 larges rayons figurant ensemble une étoile régulière, et de l'extrémité desquels sortent 5 faisceaux de tentacules peu serrés, fins, capités. Cytoplasme ne remplissant pas l'enveloppe entière. Noyau rond ou ellipsoïdal. Vésicule contractile sur l'un des côtés, à mi-hauteur du corps.

Diamètre 30 à 45 μ, rarement jusqu'à 56 μ. Mousses.

C'est en 1914 que j'ai décrit ce petit Tentaculifère, particulier aux mousses, et bien que j'aie pu contrôler en 1915 mes observations, sur des exemplaires provenant soit des localités primitives (murs et troncs d'arbres à Bougeries, Troinex, Frontenex), soit d'un tronc d'arbre à Lancy, où la capsule était la même, mais plus lisse, plus fortement colorée, et sans rides, je n'ai pu obtenir aucun renseignement nouveau.

Cet organisme est particulièrement adapté aux alternatives de sécheresse et d'humidité; la logette représente une capsule presque partout fermée, car même les cinq fentes caractéristiques en étoile sont revêtues d'une mince cloison, ne laissant ouvertes que leurs extrémités pour laisser passer les cinq faisceaux de tentacules (fig. 1, et fig. 2, l'animal vu de côté). Comment se fait la sortie de l'embryon cilié, si du moins il s'en forme ici? Après ramollissement de la cloison tendue entre les rayons? Malheureusement, cet embryon, je ne l'ai jamais trouvé.

Dans une communication particulière que COLLIN voulait bien me faire à propos des Tentaculifères muscicoles, il me disait, en avril 1914 : « J'aurais quelque propension à inclure dans le genre *Metacineta* votre « *Solenophrya micraster* », avec son ouverture pentalobée si caractéristique ; ceci malgré l'absence totale de partie basale amincie formant pédoncule. Du reste, ce dernier caractère est sans grande importance. »

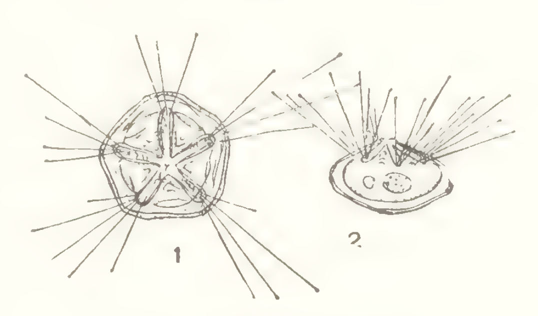


Fig. 20. — Solenophrya micraster.

C'est bien, en effet, au genre *Metacineta* que je serais aujourd'hui disposé à rapporter cet organisme — à moins qu'il ne faille créer pour lui, comme pour d'autres Tentaculifères muscicoles, un genre spécial — ; mais pour arriver à des conclusions quelque peu sûres, il faudrait observer les phénomènes de reproduction, et pour l'instant, mieux vaut laisser à cet organisme sa dénomination provisoire.

Solenophrya flavescens PENARD 1914.

Enveloppe arrondie, subsphérique, un peu aplatie à sa face inférieure. Elle constitue un revêtement très épais de grains jaunâtres extrêmement petits noyés dans un ciment plastique. Au point d'attache sur le substratum, ce revêtement s'amincit, et parfois s'entr'ouvre pour laisser à nu la cuticule visqueuse. Tentacules très fins, capités, assez longs, se faisant jour au travers de l'enveloppe soit individuellement soit par groupes, et sans ordre régulier. Noyau sphérique ou allongé, subcentral; vésicule contractile au voisinage du noyau : parfois une vésicule accessoire.

Diamètre 38 à 50 μ. Mousses.

Nous avons encore ici un de ces petits Tentaculifères adaptés à une vie spéciale, à la brusque humidité succédant à la sécheresse, et que l'on trouve dans les

mousses sur les troncs d'arbres et les vieux murs. En comparant cette espèce aux *Solenophrya micraster* et *massula*, je disais en 1914 : « Mais ici, au lieu d'une enveloppe parcheminée et de nature chitinoïde, nous avons un revêtement épais de grains jaunâtres extrêmement petits, de moins de 1 μ, noyés dans un ciment plastique, et qui, tassés les uns sur les autres, constituent une membrane feutrée qui se présente comme vaguement striée en travers. Vue perpendiculairement à son épaisseur, cette enveloppe se montre alors comme recouverte d'une ponctuation très fine, qui rappellerait celle des *Arcella* parmi les Rhizopodes. »

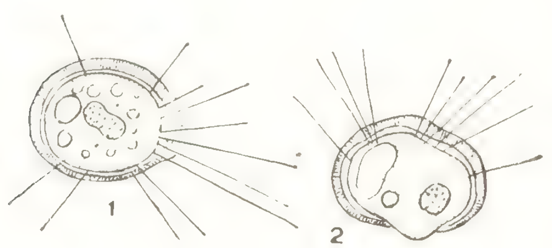


Fig. 21. — Solenophrya flavescens.

Depuis 1914, je n'ai pas revu cet organisme, et c'est à ma première description qu'il me faut renvoyer pour de plus amples détails. Notons seulement que les tentacules, très fins, se font jour sur un point quelconque de la surface, entre les grains, qu'ils désagrègent lorsqu'ils sont plusieurs à repousser l'enveloppe devant eux (fig. 1). Dans la fig. 2, l'animal est vu de côté, fixé à quelque brindille de mousse par sa pellicule un peu gluante, sur un point où le revêtement feutré s'est écarté et a laissé le corps à nu. Dans l'intérieur se trouve une grosse masse grisâtre, dont la nature m'a échappé, et qui représente peut-être un bourgeon ; en tout cas, j'ai observé dans cette espèce de véritables actes de division inégale, qui sont relatés dans mon Mémoire de 1914.

Solenophrya massula Penard 1914 a.

Capsule jaunâtre, chitinoïde, rugueuse et couverte de particules siliceuses d'origine étrangère ; vaguement hémisphérique, à contours bosselés et inégaux, reposant sur le substratum par sa face inférieure aplatie. Tentacules longs, fins, capités, se faisant jour à la face supérieure de l'enveloppe, par 2 (ou parfois 4) orifices très étroits, sous la forme de deux (ou quatre) faisceaux composés chacun d'un très petit nombre d'éléments. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile dans le voisinage du noyau.

Diamètre 23 μ. Mousses.

Personne, en rencontrant ce minuscule Tentaculifère, ne s'imaginerait avoir affaire à un être organisé ; on n'y verrait tout d'abord qu'une petite masse jaunâtre,

une coque chitineuse, recouverte de particules siliceuses de nature étrangère, telles par exemple qu'on les connait dans les Rhizopodes du genre *Pseudodifflugia;* mais si l'on observe attentivement cette masse inerte on en verra sortir, par de petits orifices percés dans la paroi (fig. 2) deux, trois, ou même quatre faisceaux de tentacules très fins, capités. Dans une seule occasion, j'ai pu voir dans le cytoplasme un noyau arrondi, et tout près, une vésicule contractile (fig. 1). N'ayant pas retrouvé cet organisme, je ne puis que renvoyer à mon Mémoire de 1914 pour les détails supplémentaires, qui n'ajouteront d'ailleurs que peu de chose à ce que nous venons de voir.

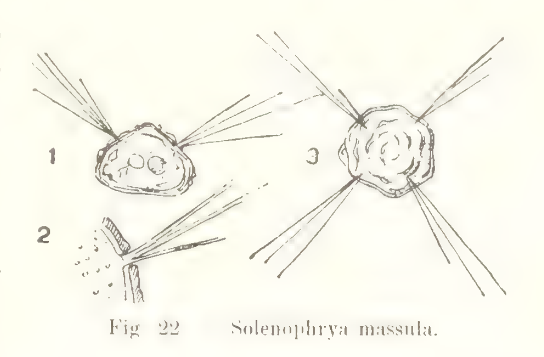


Fig 22 Solenophrya massula.

Encore ici, on pourrait se demander par où se fait la sortie des embryons ciliés, dont l'existence est au moins vraisemblable? Peut-être pourrait-on mettre en cause la face inférieure de la logette, très mince, lisse, et qui pourrait se résorber temporairement.

Discophrya cothurnata (Weisse) Lachmann.
Acineta cothurnata Weisse 1847.

Corps rigide, très fortement aplati sur ses côtés, en forme de raquette, tronqué vers le bas pour se prolonger en un pied très large, en éventail, dont les côtés ne font que continuer la courbe générale du corps. Ce pied est finement strié dans sa longueur et présente également quelques sillons transversaux; il se fixe au support par un étroit bourrelet, opalescent. Tentacules forts, peu allongés, à peine élargis à leur extrémité, et prenant naissance, en nombre restreint, des deux côtés de l'arête latérale du corps. Noyau en ruban rameux, envoyant des branches dans le corps entier. Vésicules contractiles au nombre d'une douzaine, petites, réparties dans toutes les régions du corps, mais surtout au voisinage de l'arête latérale.

Longueur 155 à 220 μ, y compris le pied; largeur 110 à 150 μ.

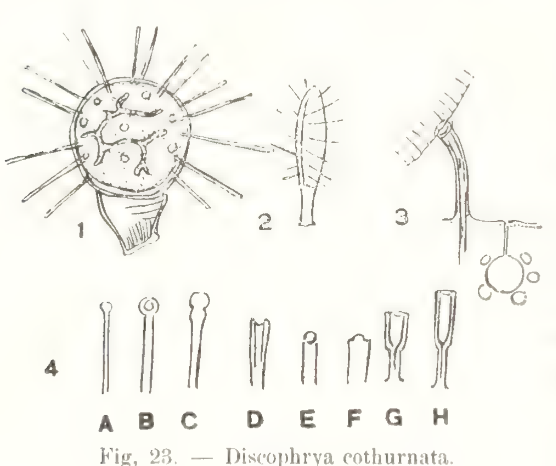
« Claparède et Lachmann, Stein aussi, trouvaient assez abondamment ce superbe Acinète sur les racines des Lentilles d'eau en diverses localités; malgré des recherches attentives, je n'ai jamais pu l'observer. « Ainsi s'exprime Collin en 1914; plus heureux que lui, j'ai pu en observer quelques exemplaires, en octobre

1917, puis en avril 1918, également sur les racines des Lentilles d'eau (*Lemna polyrhiza*, rapportées de l'étang de Grossee non loin de Zurich, par M. H. ROMIEUX).

La forme est à peu près celle d'une raquette, ou mieux encore, c'est presque exactement celle des *Nebela* parmi les Rhizopodes; un disque très fortement aplati, qui se continue en un large pied, sillonné en travers et strié dans sa longueur, à stries d'autant plus visibles qu'elles sont plus rapprochées du point de fixation.

Dans le cytoplasme, grisâtre et rempli de granulations claires, se montrent une dizaine de vésicules contractiles, surtout près des bords, mais quelques-unes aussi plus à l'intérieur. Elles s'ouvrent chacune au dehors par un canal étroit (fig. 3), et se reforment au moyen de petites vacuoles, qui d'abord avaient fait couronne autour de la vésicule dilatée, et après la systole viennent se confondre en une seule.

Le noyau est étroit, mais très allongé, en ruban rameux (fig. 1); et dans un certain sens, on peut le considérer comme amiboïde, car d'une observation à l'autre, sur un même individu, on le trouve un peu changé; très peu, cependant, et il faut plusieurs heures pour que la différence y soit nettement apparente.



Fig, 23. — Discophrya cothurnata.

Les tentacules garnissent les deux côtés du corps, partant aussi bien de l'une des faces que de l'autre (fig. 2, où l'animal est vu à peu près par la tranche); ils sont peu allongés, mais larges, et terminés abruptement, plutôt par une cupule que par un bouton; la lumière interne, le canal à paroi fibreuse dont COLLIN a si bien démontré l'existence, s'y voit quelquefois distinctement. La fig. 4 est assez significative sous ce rapport; elle montre les changements capricieux qui peuvent se produire sur un même tentacule au cours de l'observation ; en *a*, le tentacule est simplement capité; en *b*, on voit dans le bouton terminal un vide, il semble que ce bouton se soit creusé en cupule; en *c*, le vide a disparu, mais on remarque un léger étranglement; en *d*, le bouton s'est rétracté, le tentacule est largement ouvert; en *e*, les parois se sont fermées à nouveau, mais en *f*, il semble qu'une petite masse de plasma (mucilage ?) déborde le canal interne; en *g*, le tentacule vient de se rétracter brusquement, et a pris une forme de verre à pied, qu'il revêt d'ailleurs volontiers dans cette espèce, généralement après un dérangement subit; en *h*, le tentacule repousse, et j'ai cru voir, dans ces occasions-là, le canal interne se remplir peu à

peu, mais très lentement, d'un mucilage clair qui monte dans le tube, et arrivé à son bord se confond avec lui, en contribuant à la formation de la « tête ».

Dans la fig. 3, nous avons autre chose, un tentacule qui vient d'appréhender une *Frontonia leucas* — bien plus grosse que la *Discophrya* — et en aspire le contenu. Il s'est tout entier élargi, dilaté en ventouse à son extrémité, et l'on voit le tube interne se prolonger en arrière jusque bien loin dans le cytoplasme; c'est là, il faut le dire, un cas exceptionnel; sur le vivant, le tube interne ne peut que très rarement être suivi au delà de la cuticule d'enveloppe; dans le cas actuel, on ne le distinguait que sur le tentacule en action; et quant aux éléments vermiformes que l'on voit glisser les uns à la suite des autres dans le tube, c'étaient là des trichocystes de la *Frontonia*, qui passaient en un courant continu dans le cytoplasme de la *Discophrya;* et, il faut noter ce point important, *sans jamais faire explosion;* il leur eût fallu pour cela le contact de l'eau pure, et, toujours noyés dans un milieu d'une certaine densité, ils n'avaient pas l'occasion d'éclater.

Puisque nous nous sommes arrêtés quelque temps aux tentacules, je voudrais terminer ces réflexions par quelques considérations générales, non pas sur le phénomène de la succion, dont nous traiterons plus tard (v. *Choanophrya)*, mais sur la capture même de la proie.

On a beaucoup discuté, et l'on discute encore, pour savoir si le tentacule est gluant, ou si l'adhésion à la proie capturée est comparable à l'effet d'une simple ventouse. A mon avis, la viscosité existe, même très forte, mais elle n'est que temporaire, et, mieux encore, elle n'est que facultative. Quand on voit un Infusoire cilié arrêté net dans sa course par un tentacule, et alors même que ce tentacule ne s'est pas encore élargi en ventouse — car il ne se dilate qu'une fois la capture accomplie —, on ne peut se défendre de croire à une viscosité puissante. Mais en même temps, une autre action se fait sentir, une action stupéfiante, dont on ne peut douter non plus; l'Infusoire s'arrête net, ses cils cessent immédiatement de battre, et tout au contraire ils n'en battraient que plus fort s'il n'y avait là qu'un arrêt accidentel; un seul tentacule suffit à arrêter un Infusoire plus gros que le Tentaculifère lui-même, mais en général, si la proie en vaut la peine, il en vient bien vite un autre, ou plusieurs autres, s'ajouter au premier; c'est que l'adhérence n'était pas suffisante; la matière stupéfiante, lorsqu'il s'agissait d'une grosse proie, n'aurait suffi que pour un instant, et cette proie aurait repris vie, les cils se seraient remis à battre, et l'Infusoire se serait échappé.

Le venin, en effet, n'est pas nécessairement mortel; tout dépend de la quantité, et j'ai vu de petits Infusoires, capturés, stupéfiés, morts en apparence, puis bien vite abandonnés comme ne convenant pas, reprendre peu à peu leur vie; quelques cils commencent à battre, puis d'autres plus nombreux, et finalement l'Infu-

soire s'éloigne, malade mais viable encore, et si la vésicule contractile y a gardé son activité, il peut compter sur la guérison. Cette vésicule continue du reste très longtemps à fonctionner, et probablement même après la mort; c'est ce que j'ai remarqué surtout chez les Vorticelles, où l'animal était déjà réduit par la succion à l'apparence d'une outre aux trois quarts vide, cependant que la vésicule, très grossie, se vidait, pour se reformer lentement et se vider de nouveau.

Cependant, si nous ne pouvons faire autrement que de reconnaître au tentacule une certaine viscosité, il nous faut admettre en même temps que cette viscosité n'est que facultative, cesse d'exister, pour ainsi dire, brusquement et comme par un acte voulu. Comment, en effet, expliquer ces cas extrêmement nombreux où des Flagellates, Péridiniacées, même Infusoires, viennent frôler les têtes des tentacules sans être le moins du monde englués? les *Coleps*, beaucoup d'Hypotriches, et d'une manière générale les Infusoires dont la cuticule est dure, sont refusés, à moins qu'ils se soient pris au défaut de la cuirasse, dans la gouttière péristomienne chez les Vorticelles ou dans le sillon de la ceinture dans les individus errants, dans la fosse adorale chez les Stentors? Et combien de fois n'ai-je pas vu les embryons ciliés des Tentaculifères eux-mêmes circuler dans le fouillis des tentacules paternels? Il y a plus, même; on constate parfois une véritable sélection; c'est ainsi que j'ai vu la *Dyscophrya scyphostyla* capturer coup sur coup les *Askenasia elegans* — il est vrai très nombreux dans cette station spéciale —, et refuser les autres Infusoires, ou bien les prendre pour les renvoyer aussitôt. Pour les *Askenasia,* les tentacules étaient donc visqueux; pour les autres organismes, ils semblaient ne pas l'être.

Un exemple assez typique également est celui de la *Tricophrya epistylidis*, dont nous nous occuperons bientôt: j'ai souvent trouvé à Florissant cette espèce sous forme de petites colonies de trois ou quatre individus confondus les uns dans les autres, et sur ces colonies ou îlots se déployaient, librement fixées à la colonie elle-même, au milieu des tentacules, des Vorticelles dont j'ai pu suivre les ébats pendant deux jours entiers. Elles devaient être utiles, même, au Tentaculifère, en attirant de petits organismes par l'agitation de leurs cils; mais des Vorticelles de même espèce, venant, à l'état errant, à passer dans le fouillis des tentacules, étaient capturées et vidées en un instant.

Discophrya scyphostyla Collin 1912
Discophrya elongata Cl. et L. var. **scyphostyla** Collin.

Corps rigide, très fortement comprimé latéralement, extrêmement variable de forme suivant les individus; normalement droit et de 2 à 3 fois aussi long que large,

souvent étalé en éventail, ou même allongé dans le sens transversal et devenant 2 fois aussi large que long. Il repose sur un pied épais et très court, dilaté en cupule évasée, strié dans sa longueur. Tentacules courts, larges, non capités, peu nombreux, disposés sur les côtés et tout près de l'arête latérale, soit solitaires, soit en petits groupes fasciculés. Noyau en boudin allongé, dans le grand axe du corps. Quelques vésicules contractiles (de 3 à 6 en général) disséminées sans ordre dans le cytoplasme.

Longueur très variable, en moyenne 130 μ pour les individus allongés.

Ce magnifique Tentaculifère était extrêmement abondant sous les feuilles des Nénuphars, à Florissant, dans l'automne de 1918.

L'animal, toujours très fortement aplati dans le sens longitudinal, est extraordinairement variable de forme, tantôt semblable à une longue raquette, tantôt rappelant un large éventail, et les fig. 1 et 2, qui semblent montrer les deux extrêmes, pourraient être exagérées encore dans les dimensions relatives qu'elles indiquent, si l'on voulait tenir compte des cas très exceptionnels; quant à la fig. 3, elle donne une idée de ce qu'est l'animal vu par la face apicale. Mais quelle que soit la forme, l'animal repose toujours sur un pied très court, creusé en une véritable cupule, dans laquelle il se trouve comme un œuf dans son coquetier.

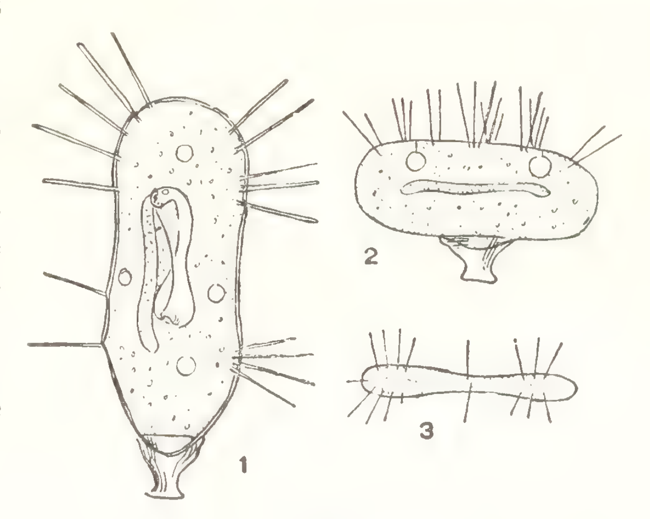


Fig. 24. — Discophrya scyphostyla.

Les tentacules, courts, larges, non capités, répartis en petits groupes des deux côtés de l'arête latérale, sont presque identiques à ceux de la *Discophrya cothurnata* dont nous venons de traiter, et j'ai pu contrôler sur eux toutes mes observations concernant cette dernière espèce. Les vésicules contractiles, reliées avec le dehors par un petit canal droit et tubulaire, sont au nombre de deux, trois, ou au maximum six, réparties sans grande régularité.

Le noyau est long, droit, très finement granulé, d'une pâte plus fine et plus

pure qu'on ne le trouve dans les Tentaculifères en général ; un micronucléus, petit, d'un bleu opalescent, pourvu d'une membrane, se voit quelquefois sur les individus très clairs.

L'étude de la cavité embryonnaire, de la formation graduelle du jeune individu, et des phénomènes allant de pair avec la libération de ce dernier, est ici d'un intérêt véritablement palpitant, mais en même temps les observations présentent une suite ininterrompue de difficultés. Ces phénomènes, malgré les recherches de CLAPARÈDE et LACHMANN, de STEIN, de BÜTSCHLI, ne sont encore que très imparfaitement connus ; COLLIN, à son tour, a essayé de les décrire, mais ses explications — si claires en général et qui ne le sont plus ici — se ressentent de l'incertitude des renseignements. « J'espère du reste revenir », dit-il en concluant, « dans un prochain travail, sur tous ces cas intéressants qui méritent une étude beaucoup plus attentive ».

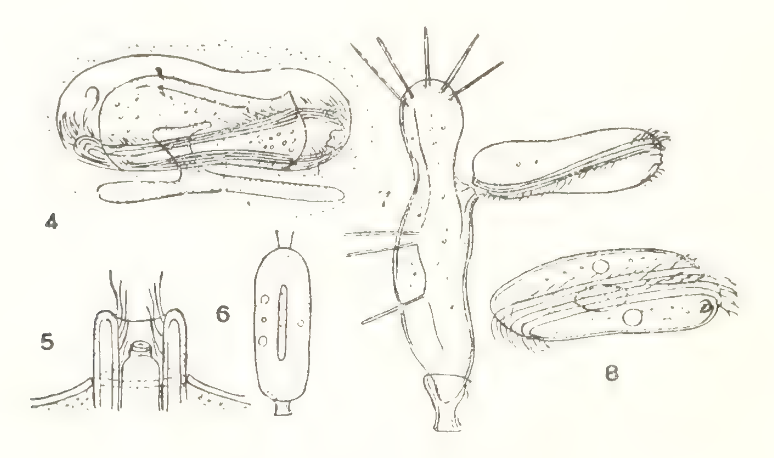


Fig. 25. — Discophrya scyphostyla.

Loin de moi de vouloir aujourd'hui prétendre à des renseignements définitifs ; ces phénomènes m'ont beaucoup occupé, mais pour rester sur bien des points une énigme. Il me semble pourtant que les résultats acquis méritent d'être rapportés. Je passerai sous silence, cependant, les premiers stades de la formation du jeune individu au sein de la cavité embryonnaire, pour en arriver au moment où, sous l'apparence qu'il gardera jusque près du moment de la libération, l'embryon va bientôt se disposer à partir. La fig. 4 nous donne une vue d'ensemble de la cavité incubatrice, sur le plancher de laquelle repose le jeune animal. A gauche, nous voyons se détacher sur le vide de la cavité, une petite lumière, un orifice arrondi qui s'étire vers le bas en une fente recourbée en point d'interrogation ; c'est par là, par toute cette fente, que l'embryon cilié se fera jour au dehors. A droite nous voyons un bouton clair, proéminent, une sorte d'ombilic, appliqué non pas à

l'embryon lui-même, mais à la paroi de la cavité incubatrice, et ce bouton, malgré les apparences qui sembleraient indiquer un résultat tout contraire, sera presque le premier à se faire jour au dehors; une fois l'embryon sorti, le bouton sera tout en avant (fig. 7), et c'est lui qui plus tard constituera le disque de fixation.

Dans le bas de la cavité, nous remarquons une ceinture de lignes ciliaires serrées, au nombre de cinq ou six, qui paraît tout d'abord devoir entourer la masse embryonnaire à sa base; mais il n'en est pas ainsi; cette masse embryonnaire, si nous pouvions l'examiner par la face opposée, s'y montrerait partiellement soudée à la paroi, faisant corps avec elle, et les lignes ciliaires, qui en poursuivant leur course le long de la paroi avaient décrit une courbe autour de l'ombilic caractéristique, trouvant plus loin le chemin fermé sont obligées de revenir sur elles-mêmes, remontent sur la masse embryonnaire, et y continuent leur course, légèrement descendante, juste au-dessus des lignes inférieures (fig. 4) et sur la même face qu'elles; puis elles se replient encore sous l'autre extrémité de l'embryon, reviennent également sur elles-mêmes et rejoignent l'arc inférieur. Autrement dit, il y a bien là un anneau, une ceinture, mais au lieu de poursuivre une route circulaire, cette ceinture se rabat sur elle-même, l'une de ses moitiés se superposant à l'autre dans le même plan. Toutes les stries de l'anneau sont ciliées, et c'est dans la région antérieure (à gauche dans la figure) que les cils paraissent être les plus longs et les plus forts: ils y battent et se répandent en ondulations flexueuses, jusque sous le toit de la cavité. Mais quand on les voit tout d'un coup redoubler d'activité, le moment est proche, l'embryon va s'échapper, il faut concentrer toute son attention sur les événements; et alors, on assiste à un spectacle étonnant:

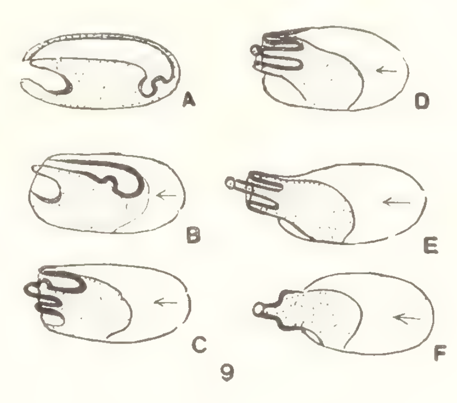


Fig. 26. — Discophrya scyphostyla.

L'extrémité supérieure gauche (dans la figure) de la masse embryonnaire s'allonge, commé pour s'introduire dans l'orifice de sortie et l'élargir; mais avant même que cette pointe gauche arrive à l'ouverture, la partie droite de la masse, d'anguleuse qu'elle était, s'est aplanie, et alors, on voit un fort mouvement de cils se produire, l'ombilic grimper d'un trait le long de l'embryon et arriver à l'orifice de sortie, la paroi postérieure se décrocher et courir le long du plafond, le plancher antérieur faire de même; en un clin d'œil, en une seconde à peine, tout est bouleversé; l'ombilic est maintenant dans un tube (fig.5), en même temps que le corps embryonnaire s'étale et que les lignes ciliaires s'écartent, et deux secondes

après, l'embryon cilié se voit libéré (fig. 7), rattaché pourtant au cytoplasme interne par un lambeau, un pont qui finit par se rompre, dernier reste de cette région latérale par laquelle la masse embryonnaire était restée en liaison avec le reste du corps.

Tout cela est si rapide, que les faits semblent tenir du prodige; mais après avoir répété mes observations, l'œil fixé tantôt sur l'ombilic, tantôt sur la paroi, j'en suis arrivé à une explication, qui, sans me satisfaire, me paraît exacte dans ses grands traits, et qui pourrait être rendue à peu près compréhensible par les diagrammes schématiques de la fig. 9: en *a*, nous avons la cavité incubatrice, au moment où la masse embryonnaire s'allonge pour rejoindre l'orifice de sortie; les lignes grasses indiquent les nappes mouvantes et ciliées qui vont se dévaginer; en *b*, la dévagination a commencé, sur les deux bords de la fente de sortie; une vague ciliée court sur la masse embryonnaire; l'ombilic est à moitié chemin, mais au-dessus, la nappe supérieure, le plafond, court également; il semble qu'une force énigmatique, puissante (imbibition brusque?) agissant d'arrière en avant, a pénétré la cavité, détaché les nappes accolées à la paroi, et pousse maintenant l'embryon, dont la masse interne se modifie coup sur coup; mais en bas, sur le plancher, cet embryon reste encore attaché au parent. En *c*, la dévagination est plus avancée; en *d*, elle l'est plus encore, et le stade correspond à peu près à ce que nous voyons dans la fig. 5; en *e*, la partie antérieure de l'embryon s'élargit et s'allonge, et en *f*, tout est dévaginé, mais la masse entière va se remanier en un embryon discoïde. De *a* à *f*, ou si l'on veut, de la fig. 4 à la fig. 7, trois secondes ont suffi!

La fig. 8 montre l'embryon libéré; il est bordé d'un ruban à cinq ou six rangées de cils, latéral et en même temps rapproché d'une face qu'on peut appeler ventrale, qui porte à l'une de ses extrémités (antérieure lors de la sortie et de la course, postérieure dans le sac embryonnaire) le bouton ou l'ombilic qui fournira le point de fixation. On y voit deux, et parfois trois vésicules contractiles; le noyau y est ellipsoïdal, plus ou moins allongé déjà. La cuticule est déjà très résistante, si bien qu'on peut, par compression, l'isoler presque parfaite après en avoir exprimé le contenu.

Le jeune animal peut courir une journée entière, puis se fixe par le bouton caractéristique (fig. 6), qui sécrète immédiatement un pied, et très vite on voit quelques tentacules pousser aux extrémités. La forme est encore celle de la larve, allongée, mais elle pourra changer plus tard.

Choanophrya infundibulifera Hartog 1902.
? **Acineta ferrum-equinum** (Ehrenb.) Zenker 1866.

Corps sphérique, d'un rouge de brique plus ou moins accusé, porté sur un pédon-

cule très large, cylindrique, tubulaire, droit ou plus souvent un peu recourbé, aussi long et parfois plus long que le diamètre de l'individu. Les tentacules, en très petit nombre, sont irrégulièrement répartis à la surface, mais presque toujours dans la moitié antérieure du corps, et quelquefois groupés d'un seul côté. Ils sont courts et très larges, tubulaires, soit ouverts et évasés à leur extrémité, soit fermés et rétrécis en forme de dé à coudre; très mobiles et se rétractant avec formation de replis transversaux bien nets. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile dans la moitié antérieure du corps.

Diamètre très variable, en moyenne 50 μ chez l'adulte.

Pièces buccales de différents *Cyclops*.

« Se distingue par ses larges tentacules (larges à la fois par la gaîne et par le tube interne) susceptibles de se dilater en entonnoir à leur extrémité, pour engloutir des particules volumineuses qu'ils attirent à distance en fonctionnant à la façon d'une pompe aspiratrice. » Telle est la brève diagnose que COLLIN consacre à la *Choanophrya*, qu'il a trouvée fixée sur les pièces buccales de *Cyclops coronatus*, et sur laquelle il a fait de nombreuses observations. Avant lui ZENKER (1866) avait déjà étudié cette espèce, dans laquelle il croyait voir l'*Acineta ferrum-equinum* de EHRENBERG; plus tard, HARTOG (1881), s'en était occupé, et en 1902 consacrait à cet organisme une « note préliminaire » importante, mais qui, à ma connaissance, n'a pas encore eu de suite; c'est donc là un Tentaculifère aujourd'hui bien connu, sur lequel mes observations, tout en confirmant en tous points plus particulièrement celles de COLLIN, ne m'ont guère apporté de renseignements nouveaux; aussi traiterai-je de cette espèce d'une manière d'autant plus brève que les faits les plus importants, concernant les tentacules, par exemple, seront examinés dans la *Ch. subsessilis*, où tout se passe de la même façon.

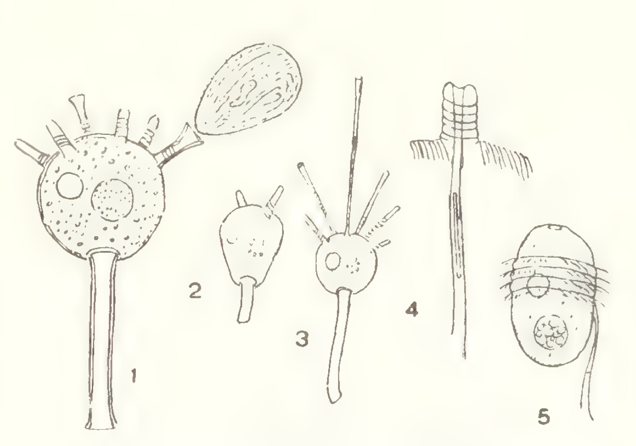


Fig. 27. — Choanophrya infundibulifera.

ZENKER et COLLIN ont tous deux trouvé la *Ch. infundibulifera* sur le *Cyclops coronatus ;* c'est bien sur ce même Copépode — si mes déterminations sont exactes — que je l'ai moi-même le plus souvent rencontrée ; mais elle s'est montrée sur d'autres Cyclopes encore, et même sur un *Diaptomus*, où elle était en colonies plus fournies que partout ailleurs.

Cet organisme est toujours fixé sur les pièces buccales de son hôte, généralement en petits groupes, qui proviennent de ce que les embryons ciliés viennent volontiers se poser au pied même des adultes. Trois ou quatre groupes sont la règle sur un même Cyclope, mais quelquefois, on les trouve si nombreux qu'après avoir coloré au carmin toute la mâchoire du petit Crustacé,des points rouges serrés, dont chacun représente une *Choanophrya,* dessinent assez exactement le contour de la bouche.

Le corps est sphérique, et repose sur une tige tubulaire, large, creuse, de longueur variable, mais qui n'arrive que rarement à dépasser le diamètre de l'animal ; dans la fig. 1, on la voit relativement plus longue, parce que nous avons là un exemplaire encore peu avancé en âge ; dans la fig. 3, elle est bien plus longue encore, car l'individu est tout jeune ; en 2, c'est le contraire, le pédoncule est très court, mais le petit organisme n'a qu'une heure d'existence, et la tige y poussera rapidement pour s'arrêter plus tard et laisser le corps sphérique augmenter seul de volume.

Dans l'intérieur, on trouve un plasma grisâtre, mais presque toujours si bien rempli de petits globules d'huile rouge, que la teinte générale d'un rouge de feu peut servir de caractère spécifique. Le noyau est sphérique, à peu près central ; la vésicule contractile, unique, se trouve sur le côté.

Nous reviendrons plus tard sur les tentacules, en traitant de la *Ch. subsessilis ;* jetons cependant un coup d'œil sur la fig. 1, où nous voyons un petit Infusoire attiré par une trompe évasée ; mais il est trop gros, il ne peut être aspiré ; le tentacule s'allonge et se rétracte en un mouvement perpétuel ; l'Infusoire est tantôt en contact avec la trompe largement ouverte, et tantôt il en est séparé (dans ce cas particulier, l'Infusoire fut plus tard abandonné). Dans la fig. 4, nous avons un tentacule fortement rétracté, mais le tube interne se voit distinctement (chose exceptionnelle sur le vivant) pénétrer dans l'intérieur du corps ; il renferme une petite algue emportée dans le cytoplasme ; plusieurs de ces petites algues, dans cet individu, ont été aspirées coup sur coup. Aux côtés du tentacule sont représentées des stries ; c'est, en effet, comme une surface striée, analogue à celle des Vorticelles, que m'est apparue la cuticule ; HARTOG (1906) a montré le premier que la cuticule était rayée dans son épaisseur, mais COLLIN y voit, plutôt qu'une striation, une structure alvéolaire, que les réactifs lui ont montrée nettement.

L'embryon (fig. 5) est allongé, ellipsoïdal, et pourvu de quatre rangées de cils; pendant la course, on voit traîner en arrière deux ou trois cils très gros et très longs, souvent soudés en un seul; un examen minutieux m'a convaincu qu'ils partaient de la rangée postérieure de la ceinture ciliée, dont ils ne constituent que des éléments particulièrement développés.

Choanophrya subsessilis sp. n.

Corps identique à celui de *Choanophrya infundibulifera,* mais noirâtre, brunâtre ou quelque peu verdâtre, jamais rouge; de taille inférieure à celle de cette dernière espèce; solitaire ou en colonies beaucoup moins serrées, et porté sur un pédoncule non plus allongé et cylindrique, mais extrêmement court, n'arrivant que rarement à égaler le quart du diamètre du corps, mince, brillant, non tubulaire, s'élargissant à son point de fixation au support.

Diamètre, 40 à 45 μ. dans les grands individus.

Mes observations sur les *Choanophrya* remontent pour la plupart au printemps de 1914; dès cette époque, j'avais cru y remarquer deux formes distinctes, l'une déjà connue, à long style creux, l'autre, qui semblait nouvelle, à style très court, mince, et probablement plein; ayant eu alors recours à l'amabilité du meilleur des juges, voici ce que Collin me répondit à ce sujet: « Ce que vous m'indiquez pour la forme brévistyle de *Choanophrya* sur *Cyclops viridis,* me rappelle un fait que j'ai eu souvent à constater pour les *Discophrya* des Coléoptères aquatiques: le faciès très particulier que prend une même espèce (ou des formes très voisines?) selon l'hôte étudié; il y en a ainsi quelques-unes dont je n'ai point fait mention dans mon travail, faute de les avoir étudiées d'assez près pour préciser leurs caractères. »

Ces indications m'avaient alors paru suffisantes; mais plus tard, en retrouvant sur tel ou tel *Cyclops* tantôt l'une de ces espèces (à Rouelbeau, par exemple, et dans la même récolte, *Ch. infundibulifera* toujours sur *Cyclops fuscus, Ch. subsessilis* toujours sur *Cyclops viridis),* en constatant que les transitions dans la forme et la structure de la tige ne se montraient jamais, en apprenant à connaître d'autres caractères différentiels de moindre importance, mais constants et qui me permettaient de décider au premier coup d'œil à quelle forme j'avais affaire, la conviction finit par s'imposer qu'il y avait là deux organismes spécifiquement différents.

Dans la *Ch. infundibulifera,* nous l'avons vu, la tige est longue, large, creuse, et Collin, qui l'a étudiée à fond, lui a reconnu toute une structure compliquée, un faisceau strié tubulaire, une substance axiale, un « disque suprastylaire » à mode

de formation curieux; dans la *Ch. subsessilis,* nous avons une tigelle très courte, (fig. 1), arrivant au quart de la longueur du corps, mince, un peu élargie en arrière, brillante, creuse peut-être à l'origine mais qui paraît pleine en général; et si bien cachée dans le fouillis des appendices masticateurs de l'hôte, que l'animal en paraît sessile.

Mais ce n'est pas tout: La *Ch. infundibulifera* est rougeâtre. elle vit en colonies, en touffes serrées; la tige tient si fort au soutien que l'animal se déchire plutôt que de l'emporter; dans la *Ch. subsessilis,* la taille est un peu plus faible, les individus sont solitaires ou en tout cas rarement groupés, la teinte générale est noirâtre, et la tigelle se détache facilement du substratum. Pour toutes ces raisons, il me semble qu'il y a lieu de distinguer cette forme brévistyle comme ayant la valeur d'une espèce, à laquelle le nom de *subsessilis* pourra convenir.

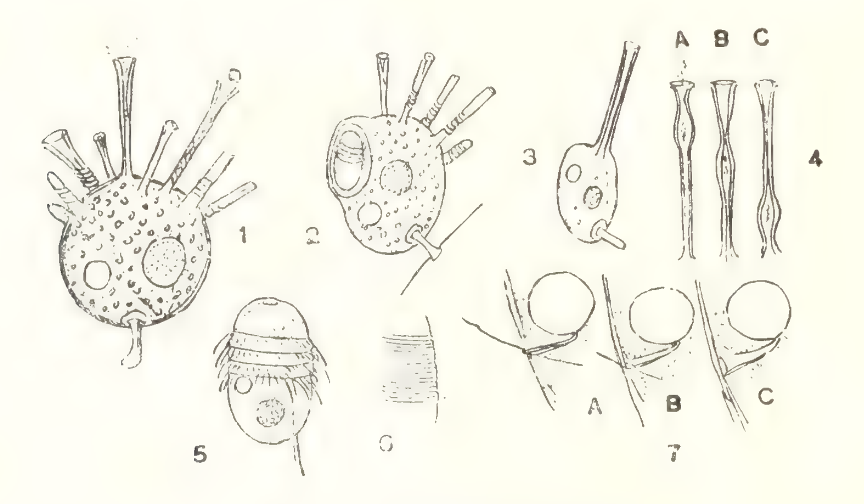


Fig. 28. — Choanophrya subsessilis.

La teinte, avons-nous dit, est noirâtre; en réalité, le terme n'est pas tout-à-fait exact; sous un fort grossissement, c'est un gris sale, souvent un peu jaunâtre ou verdâtre, tout cela provenant des inclusions du plasma, grises, jaunes, souvent vertes grâce à la présence de particules végétale ou même de Zoochlorelles très petites (différentes de la *Chlorella vulgaris).*

La cuticule m'a paru distinctement striée (fig. 6), plutôt qu'alvéolaire comme l'a indiqué Collin.

La vésicule contractile, généralement unique (j'en ai vu exceptionnellement trois), s'ouvre sur l'un des côtés du corps, et cela suivant un mécanisme assez curieux: au moment où elle arrive à son état d'expansion maximum, on voit se dessiner un petit canal, ou plutôt une lacune, bordée en apparence de deux parois,

supérieure et inférieure, l'inférieure plus épaisse que l'autre (fig. 7 *a)*; la vésicule commence à s'y vider, lentement, puis tout d'un coup (fig. 7 *b*) il se produit une sorte de déclanchement, la paroi inférieure s'abaisse (7 *c*) et l'on a l'impression que c'est le canal lui-même, en s'élargissant, qui provoque un appel de liquide, plutôt que d'être ouvert de force par la poussée venant de la vésicule. Une fois vidée, la vésicule disparait pour un temps, pendant que le canal s'abouche avec le dehors et y évacue son contenu.

L'embryon (fig. 5) est identique à celui de l'espèce précédente, et comme lui, porte en arrière deux ou trois longs cils qui partent de la dernière ligne ciliaire pour fonctionner comme gouvernail.

Le nombre des tentacules est très variable, mais ne dépasse probablement jamais le chiffre de 12 ; dans l'individu très jeune (fig. 3) il n'en existe tout d'abord qu'un seul, qui peut arriver à son développement complet avant qu'en ait apparu la moindre trace d'un second. Ils sont répartis sans ordre sur la moitié antérieure de la sphère. Très larges, nettement tubulaires, ils montrent à leur intérieur un canal axial largement ouvert, entouré de sa gaine propre; ils sont susceptibles d'un élargissement considérable dans leur partie antérieure, évasés en cupule ou même, très rarement, à bord renversé en arrière, ou bien au contraire fermés par rapprochement des parois (fig. 1); ils peuvent être d'une mobilité extrême, s'allongeant ou se retractant en quelques secondes, et pendant la rétraction, ils se plissent très régulièrement soit en anneaux superposés, soit en « accordéon », de préférence dans la région basale, pendant que le canal ou tube interne, resté droit, s'enfonce dans l'intérieur du corps. C'est un spectacle intéressant que de voir, au milieu des débris d'un Cyclope écrasé, les tentacules s'allonger et se retirer, pousser devant eux des masses de mucosités ou au contraire les attirer dans leur trompe largement ouverte; des grains, de particules de toute sorte courent le long du canal, sans le déformer lorsqu'ils sont de faible volume, ou bien en renflant le tube tout entier; et alors, on voit courir le renflement du sommet à la base du tentacule, le canal s'ouvrant devant l'objet capturé et se refermant derrière lui (fig. 4 *a*, *b*, *c*). Y a-t-il là une action propre du tube, un mouvement péristaltique comme on l'a maintes fois supposé, ou un simple élargissement des parois très souples? C'est ce que je n'ai pas pu décider; mais en tout cas, le tentacule a ses caprices; je l'ai vu, par exemple, plutôt que de se distendre trop fort, continuer à aspirer un globule d'huile trop volumineux, et qui alors se coupait bout par bout, en gouttelettes qui se succédaient dans le canal; dans une autre occasion, une particule amorphe, minérale en apparence, et trop grosse également, fut attirée jusqu'au milieu du canal, puis ne put aller plus loin; je la vis rebrousser chemin, revenir à l'ouverture et disparaître au dehors; il fallait bien là, soit un mouvement péristaltique (que je

n'ai pas cependant constaté), soit un courant de retour, une poussée venant d'en bas. Pendant tout ce temps, quand les tentacules poussent et tirent à l'envi, l'animal lui-même, — lorsqu'il est isolé du Cyclope — se balance, éprouve des mouvements de nutation; mais ces déplacements, suivant toute vraisemblance, sont en fait des reculs, résultant de la poussée même des tentacules contre les paquets de mucilage, tantôt à gauche, tantôt à droite et un peu partout.

C'est ici, dans ce chapitre relatif à la *Choanophrya*, que je voudrais consacrer quelques lignes au mécanisme de la succion dans les Tentaculifères en général. Qu'il y ait une succion véritable, un acte d'aspiration, on n'en peut plus douter aujourd'hui (v. COLLIN, 1914, p. 256 à 265); mais quant au mécanisme intime, il n'est pas encore expliqué. « Les diverses explications proposées jusqu'ici et dont aucune, je crois, n'est encore à vrai dire pleinement satisfaisante, sont au nombre de quatre... » dit COLLIN à ce sujet, et il examine les unes après les autres les théories de HERTWIG (mouvements alternatifs de montée et de descente des tentacules), de MAUPAS (déviation de la Cyclose de l'Infusoire capturé, en un courant qui passe à l'Acinète et en distend les parois), de EISMOND (appel de liquide causé par les contractions de la vacuole contractile). Aucune de ces trois théories n'a résisté à la critique, et COLLIN n'hésite pas à les rejeter; quant à la quatrième, celle de HARTOG, d'après laquelle « la tendance aspiratrice est seulement l'expression *d'un courant de diffusion* dû à la sécrétion instantanée, par le corps de l'Acinète, de substances d'une haute puissance osmotique », elle lui paraît « beaucoup plus intéressante »; mais, dit-il, « en dehors d'elle et ne l'excluant pas, je crois qu'il faut faire une part importante, dans le phénomène de la succion, à l'influence directe des *contractions actives* d'un élément du tentacule: la paroi du canal interne. »

Je me suis plus d'une fois demandé pourquoi personne n'avait jamais songé à un mécanisme bien plus simple: *le corps tout entier de l'Acinétien fonctionnerait comme aspirateur;* il ferait, en se renflant de lui-même et par une dilatation pour ainsi dire musculaire, un vide qui se comblerait immédiatement par apport du contenu des tentacules, et par là de la proie.

La réponse à la question que je m'étais posée me paraît alors devoir être celle-ci: Tout le monde a songé à cette explication, et chacun, après quelques instants de réflexion, l'a rejetée comme absurde. Que le corps puisse se distendre, que les couches superficielles du plasma soient capables de déplacements, de contractions et de distensions qu'on pourrait appeler musculaires, il n'y a rien là qui puisse étonner, nous devons même accepter le fait; les déplacements violents de la masse, les plissements de la cuticule, si curieux à observer dans certaines espèces, par exemple pendant l'« accouchement », indiquent même une puissance « musculaire » élevée; mais comment expliquer alors qu'en faisant le vide à son intérieur, la boule

n'augmente pas, ou n'augmente que très peu, de volume? ce serait là un résultat pourtant nécessaire de l'aspiration!

La question me semble cependant mériter d'être examinée de plus près:

En premier lieu, ce serait une grosse erreur que de s'imaginer que tous les tentacules sont ensemble en action; seuls fonctionnent comme aspirateurs ceux qui sont fixés à une proie, ou tout au moins qui l'attirent à eux; les autres sont fermés; dans la *Choanophrya,* la chose est distinctement contrôlable, on voit les parois du canal interne s'appliquer l'une à l'autre, solidement, et fermer toute communication avec le dehors; dans d'autres groupes à tentacules relativement épais *(Discophrya,* etc.), on peut constater, avec un peu plus de difficulté, le même fait; et dans tous, on peut supposer qu'il en est de même, car ce canal axial à paroi fibreuse, dont Collin a si bien démontré la présence, doit exister dans tous; et à ce propos, on pourrait se demander si cette « gaîne sidérophile » (Collin) qui borde le tube interne à son entrée dans le cytoplasme, ne pourrait fonctionner elle aussi comme sphincter? Dans quelques occasions, j'ai vu un objet entraîné dans le tube, éprouver quelque difficulté à franchir le passage (voir *Tokophrya gracilipes, Metacineta mystacina)* au niveau de l'ectoplasme, puis se précipiter plus loin une fois l'obstacle franchi, comme s'il y eût eu là une sorte de sphincter.

En second lieu, la lumière interne du tentacule est très étroite (toujours à l'exception de *Choanophrya):* le liquide qui doit y passer est de quantité comparable à celui qu'un tube de verre de deux millimètres d'ouverture amènerait dans un globe dont la capacité serait de un litre; en supposant le récipient en caoutchouc et le liquide arrivant sous pression modérée, il faudrait un temps très long pour que la sphère ait par exemple doublé le volume, c'est-à-dire ait acquis un diamètre de $^{2}/_{10}$ supérieur à ce qu'elle était auparavant, et le changement pourrait passer inaperçu.

Or le corps du Tentaculifère augmente de volume, on n'en peut douter, d'une manière à peine sensible quand un seul tentacule est en cause, plus rapidement quand deux ou trois d'entre eux fonctionnent à la fois, et l'augmentation du diamètre de la sphère peut se mesurer facilement (voir p. ex. *Podophrya fixa).* Mais alors, il faut le dire, les mensurations donnent un chiffre trop faible; ce chiffre ne serait juste que si l'on ne considérait comme facteur de l'accroissement que les substance nutritives, semi-solides, etc. ingérées, à l'exclusion des parties liquides inutiles; la *Choanophrya,* prise comme exemple extrême, engloutit des volumes énormes d'eau et devrait renfler à vue d'œil, et pourtant, l'accroissement de volume n'excède en aucune façon celui que l'on constate dans n'importe quel autre Acinétien.

Comment expliquer la chose? l'animal se remplit, le fait est indiscutable, puisqu'on peut voir jusqu'à 3, 4 et 5 Infusoires aussi gros que lui passer entièrement

dans son corps; il augmente de volume, mais pas autant qu'il le devrait. Il faut alors, semble-t-il, de toute nécessité qu'à mesure qu'il aspire il se débarrasse d'une partie de la substance aspirée, que, plus particulièrement, le liquide inutile entré par un tentacule soit immédiatement expulsé; mais comment?

Par la vésicule contractile? ce serait là une proposition acceptable[1] en principe, si les faits ne la contredisaient pas du coup! la vésicule contractile, quelle que soit l'activité des tentacules pendant la succion, n'en subit pas l'influence — j'ai pu à maintes reprises contrôler directement le fait —; elle n'en bat ni plus vite, ni plus lentement; et dans la *Choanophrya*, où l'on peut compter, normalement, de 40 à 50 secondes entre deux battements, ce serait à 2 secondes, ou même moins, qu'il faudrait calculer le rythme nécessité par les événements.

Par le tégument? — Mais le tégument est plutôt, dans tous les Infusoires, préposé à l'endosmose, et ici c'est une exosmose qu'il faudrait.

Par les tentacules, ceux qui ne sont pas occupés? ou par une action mécanique, une force régionale opposée à celle d'où résulte l'aspiration? Nous n'en savons rien, mais des expériences seraient à faire; un milieu coloré à l'encre de Chine, peut-être? mais même là des résultats nuls ne seraient pas probants; il faut une attention très soutenue pour distinguer, dans les Rhizopodes, par exemple, le petit nuage blanc qui se forme lors de l'expulsion du liquide clair dans la masse noirâtre, et dans le cas actuel, l'effet serait probablement encore moins évident.

Trichophrya epistylidis Clap. et Lachm. 1860-61.

Corps aplati, pentagonal ou hexagonal dans le jeune âge, puis se déformant rapidement pour ne plus revêtir aucune forme précise; étalé sur le support par sa face inférieure, bordé de lobes ou mamelons en nombre variable, et dont chacun porte un faisceau de tentacules extrêmement longs, fins, capités. Noyau d'abord sphérique, puis se déformant en même temps que le corps et devenant allongé, lobé, ramifié. Vésicules contractiles en nombre variable, jusqu'à une douzaine et plus, disséminées sans ordre dans le cytoplasme.

Diamètre 80 à 170 μ.

Ce n'est pas sans une certaine hésitation que je me suis décidé à identifier avec la *Trichophrya epistylidis* de Claparède et Lachmann un Tentaculifère que l'on trouvait en grand nombre dans l'étang de l'Ariana en décembre 1918, ram-

[1] Elle découle, semble-t-il, assez naturellement de la théorie de Eismond.

pant sur les débris et les feuilles mortes du fond. Car il rampe certainement; ou plutôt, l'expression est inexacte, il se déforme, très lentement, et dans des observations successives, il se montre tantôt plus allongé et tantôt plus compact, ou bien il a poussé des lobes là où ils n'avaient pas existé. La figure que donnent CLAPARÈDE et LACHMANN représente un individu tout particulièrement allongé, en limace, tel en fait que je n'en ai jamais observé; mais l'organisme doit bien être le même, une masse sans forme spéciale, pourvue de lobes plus ou moins accusés, dont chacun porte un faisceau de tentacules; et dans le cytoplasme un noyau sans forme précise non plus, puis des vésicules contractiles au nombre de 6 à 12 en général.

A l'état très jeune, quand deux ou trois heures au plus se sont écoulées depuis le moment où l'embryon cilié s'est posé, la forme est toujours symétrique, et les lobes, au nombre de cinq ou aussi de six, sont bien nets et à égale distance les uns des autres; le noyau, de rond qu'il était dans la larve, s'est déjà allongé, déformé (fig. 4) et les déformations en sont si rapides qu'on peut les suivre de l'œil; les petits

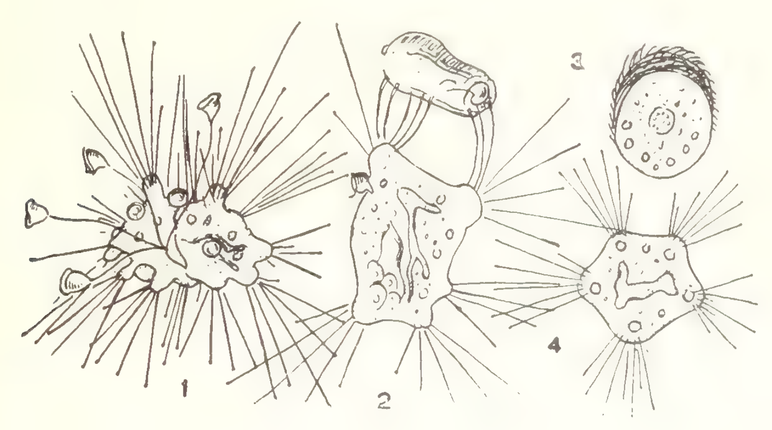


Fig. 29. — Trichophrya epistylidis.

grains qui le remplissent tout entier, semblent se précipiter, allongent les rameaux, repoussent l'enveloppe nucléaire, et c'est presque une amibe que le noyau représente actuellement. Plus tard, tout se calme dans le petit être, de nouveaux lobes font leur apparition, et toute symétrie finit par être effacée.

L'animal, très vorace (la fig. 2 le montre vidant une Vorticelle), est très prolifique aussi; les embryons s'y forment coup sur coup, quelquefois plusieurs en même temps, dans une large cavité incubatrice (fig. 2). Ils sont ovoïdes, avec des cils très serrés, répartis sur des sillons au nombre d'une demi-douzaine au moins, mais que je n'ai pas pu compter exactement; avant de se fixer, la larve s'aplatit, et

devient discoïde, rappelant quelque peu les embryons du *Dendrosoma radians* (fig. 3).

Souvent les individus se réunissent à deux ou à trois, s'enchevètrent les uns dans les autres, et forment ainsi de petites agglomérations, d'où l'on voit rayonner de toutes parts, s'entrecroisant les uns dans les autres, les faisceaux de tentacules, qui peuvent devenir extrêmement longs. Dans la fig. 1, qui représente un groupe composé de trois individus, les petites sphères que l'on voit en haut et à gauche ne sont autre chose que des *Urnula*, qui choisissent volontiers cet organisme comme hôte; les Vorticelles qui se déploient (probablement *Vorticella nebulifera)* ont vécu 4 jours sur ce terrain curieusement choisi, mais sans être jamais molestées et comme utiles à leur hôte, tandis que si par hasard une Vorticelle de la même espèce venait à passer tout près, elle était appréhendée et vidée en un clin d'œil.

Il peut être intéressant de remarquer que cette *Trichophrya epistylidis*, très abondante à l'Ariana, manquait sur les *Epistylis*, pourtant communs dans ces stations; tout comme d'ailleurs l'*Urnula epistylidis*, qui par contre affectionnait la *Trichophrya*.

La *Trichophrya sinuosa* de Stokes pourrait bien n'être pas autre chose que la *Trichophrya epistylidis*, et je ne serais pas trop surpris si la *Staurophrya elegans* de Zacharias rentrait dans le cycle de cette même *Trichophrya*.

Trichophrya myriophylli sp. n.

Corps très clair, opalescent, lenticulaire ou fortement renflé, mamelonné, déformable et quelque peu extensible, fixé au support par toute sa face inférieure; pourvu à sa face antérieure de quatre faisceaux lâches de tentacules très fins et qui peuvent arriver à une longueur extraordinaire (jusqu'à 10 fois le diamètre du corps), nettement capités. Noyau central, sphérique ou ellipsoïdal. Deux et quelquefois trois vésicules contractiles, dans la moitié inférieure du corps.

Diamètre très variable, 40 μ en général; rarement jusqu'à 66 μ.

Ce Tentaculifère était très abondant, en 1915, parmi les *Myriophyllum* de l'étang de Florissant, où je l'ai d'abord étudié comme une variété de *T. epistylidis;* il faut remarquer, ici encore, que jamais il ne s'est rencontré sur les *Epistylis*, d'ailleurs abondants aussi, et que par contre, on le trouvait presque toujours fixé sur les étuis des *Stephanoceros*.

Cependant, après avoir étudié plus tard la *Trichophrya epistylidis* vraie, j'ai dû me convaincre qu'il y avait là deux types spécifiques différents. Comparée à cette dernière, l'espece qui nous occupe actuellement est plus petite de forme, plus

ramassée, tantôt aplatie, tantôt fortement renflée (fig. 2, 3, 4); le noyau est arrondi, (quelquefois pourtant un peu allongé et sans forme précise), les vésicules contractiles sont au nombre de deux ou de trois, très rarement de quatre ou de cinq dans les très jeunes individus, et les tentacules disposés primitivement en 4 faisceaux mais plus tard se rapprochant les uns des autres et réduits à 2 groupes lâches, sont susceptibles d'atteindre une longueur extraordinaire; cela du moins après quelques heures de tranquillité absolue, sur lamelle évidée, par exemple. C'est ainsi que dans l'individu représenté par la fig. 5, alors que le corps, dans sa plus grande largeur, mesurait 33 μ, les tentacules à eux seuls arrivaient à 287 μ. Ils sont alors, surtout dans leur moitié distale, d'une finesse extraordinaire, et même à un fort grossissement, l'œil, pour les suivre, doit se baser sur le point distal, la tête arrondie et alors visible qui les termine, et suivre de là leur raccordement à la partie du tentacule plus large et plus rapprochée du corps.

L'embryon cilié est en général très gros; la fig. 6 le représente dans sa poche incubatrice, peu avant la libération, et sous un volume qui serait, il est vrai, relativement trop fort si dans cette figure la mère représentait un adulte; mais dans le cas actuel cette dernière était elle-même très jeune; et cette observation, confirmée par plusieurs autres (car les jeunes à peine développés commencent à produire des embryons) serait de nature à montrer que les embryons ciliés sont d'une taille à peu près constante, quel que soit le volume du parent[1].

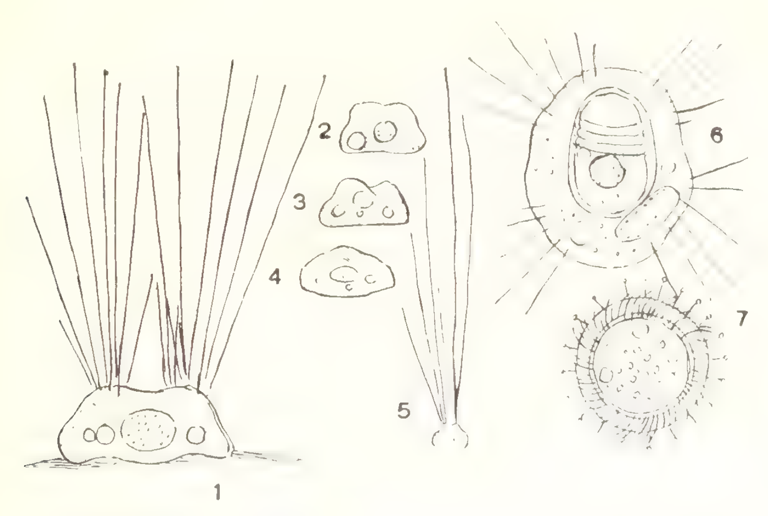


Fig. 30. — Trichophrya myriophylli.

[1] Il y aurait en tout cas des exceptions; nous en avons constaté une, par exemple, dans la Tokophrya quadripartita (p. 133).

L'animal, quand il est bien nourri, est très profilique, et j'ai pu assister maintes fois à la libération de l'embryon, ovoïde, à 4 rangs de cils (fig. 6); la sortie est d'abord lente et pénible, puis une fois tous les cils dégagés, la rapidité s'accentue, et le petit être part comme un boulet, reste un instant sur place, en se balançant, court une minute à peine, et se fixe (presque toujours sur la paroi inférieure du couvre-objet) en s'étalant; les cils battent une minute encore, et quand ils s'arrêtent inertes, les tentacules ont déjà poussé, nombreux, tout autour du disque (fig. 7). Un embryon, par exemple, qui s'était échappé à 2 h. 35, se posa à 2 h. 38; à 2 h. 39 les cils ne battaient déjà plus, et les tentacules se voyaient comme autant d'épingles piquées jusqu'à la tête autour d'un disque; à 2 h. 42, c'était la fig. 7; à 2 h. 50 la longueur des tentacules avait doublé; à 6 h. l'animal revêtait la forme normale de l'adulte, ou plutôt du « jeune », à tentacules plutôt indifféremment groupés.

A Florissant, la nourriture consistait exclusivement en un Infusoire spécial, le *Strobilidium gyrans,* un morceau de choix, paraît-il, et quelquefois l'on en voyait deux ou trois exemplaires capturés à la fois; en un quart d'heure, ils étaient complètement vidés, par deux ou trois tentacules qui se balançaient et secouaient l'outre vide avant de s'en débarrasser, puis cette dernière finissait par éclater. Quant à la nourriture absorbée, elle se transformait avec une rapidité incroyable en grains de réserve caractéristiques, tels qu'on les trouve normalement dans les Tentaculifères, et l'animal, de bleu cendré qu'il avait été à l'état non repu avait passé, tout en augmentant de volume, à une teinte générale noirâtre.

Trichophrya lycoperdon sp. n.

Corps subsphérique, non déformable, plus large que long, généralement étiré en arrière en un mamelon adhésif, ou simplement visqueux sur sa convexité postérieure, couvert sur ses côtés et à sa face antérieure de tentacules serrés, relativement courts en général mais susceptibles d'un allongement considérable, très fins et nettement capités à leur sommet puis s'élargissant insensiblement vers leur base qui devient conique; à l'état de rétraction, ils figurent des aiguillons vigoureux, droits ou recourbés. Noyau sphérique, central. Une grande vésicule contractile dans la partie inférieure du corps.

Diamètre 25 à 45 μ; hauteur 22 à 35 μ.

Quand on examine ce Tentaculifère par sa face apicale, on le confond volontiers avec une *Sphærophrya*, et plus particulièrement avec la *Sph. soliformis;* mais il suffit de déplacer quelque peu l'animal pour constater que toute la partie infé-

rieure de la sphère est nue. Plutôt qu'une sphère, d'ailleurs, c'est un sphéroïde de révolution, plus large que haut, souvent un peu étiré en arrière en un petit mamelon glutineux, ou bien dépourvu de renflement spécial et retenu au soutien par une sorte de byssus.

La pellicule tégumentaire, très dense, est étirée — sauf en arrière, où elle est lisse — en un nombre toujours assez considérable, mais très variable également, de prolongements ou aiguillons très larges à leur base, pointus, droits ou recourbés, généralement assez courts mais susceptibles à l'occasion d'un allongement considérable, et qui ne sont autres que des tentacules; lorsqu'ils sont très allongés, ils deviennent extrêmement minces dans toute leur moitié distale, mais pour se renfler de nouveau peu à peu à leur extrémité, et s'y terminer en une tête très nette. Sur les tentacules courts, cette tête manque, l'extrémité est tronquée ou simplement arrondie.

Le noyau central, arrondi, est très peu visible; la vésicule contractile, un peu en arrière de la ligne médiane, n'est en général pas beaucoup plus distincte; mais susceptible d'une forte dilatation, elle apparait bien nette à son état d'expansion maximum.

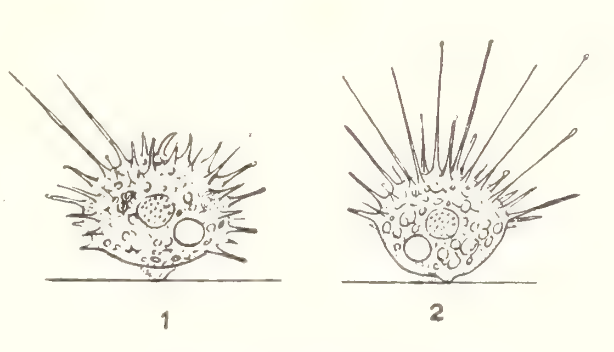


Fig. 31. — Tricophrya lycoperdon.

J'ai remarqué dans cette espèce que les boulettes qui remplissent le plasma sont chacune composées d'un certain nombre de petits grains; elles rappellent celles des Vorticelles, où chacune des sphérules nutritives constitue en fait un amas de microbes capturés.

La *Trichophrya lycoperdon* habitait les détritus végétaux, au fond de l'étang de l'Ariana, en individus clairsemés.

Trichophrya melo sp. n.

Corps subsphérique, plus large que long, non ou à peine déformable, en général fortement aplati à sa face antérieure; parfois prolongé temporairement à son pôle inférieur en un bouton adhésif, ou bien à convexité basale simplement visqueuse. La face apicale porte sur ses bords 4 faisceaux de tentacules serrés, droits, longs, capités, chaque faisceau partant le plus souvent d'une protubérance plus ou

moins nettement marquée. Noyau sphérique, central. Deux vésicules contractiles, l'une à la partie antérieure, l'autre, plus petite, dans la moitié postérieure du corps.

Diamètre 45 à 60 μ; hauteur 30 à 40 μ.

Comme dans l'espèce précédente, le corps représente ici un sphéroïde de révolution, mais beaucoup plus comprimé, surtout à sa face antérieure qui peut être si bien aplatie, que vu par le côté l'animal paraît cupuliforme (fig. 2). En arrière, il se termine la plupart du temps par un petit prolongement très étroit (fig. 1), simple bouton de fixation, qui d'ailleurs peut manquer, et seule une matière visqueuse retient alors l'animal fixé aux débris organiques qui garnissent le fond.

Les tentacules sont groupés en 4 faisceaux, généralement bien distincts, quelquefois peu nets; dans les jeunes individus, on ne voit guère que deux groupes, qui se disloquent plus tard; mais toujours ces tentacules, assez longs, capités, partent d'une région antérieure, la plus évasée du corps, et souvent chaque faisceau y dessine une proéminence nettement distincte.

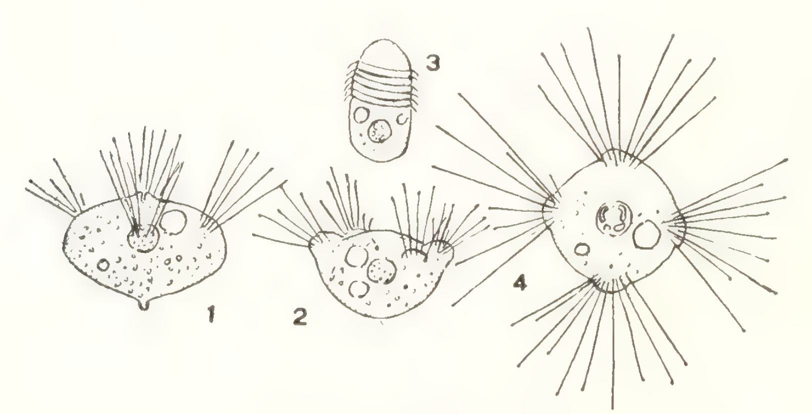


Fig. 32. — Trichophrya melo.

Le noyau est central, à gros grains, parfois à grandes parties moléculaires noyées dans un plasma finement cendré.

Les vésicules sont au nombre de deux, l'une antérieure et l'autre postérieure; dans l'embryon, on les trouve à peu près sur une même ligne, fonctionnant alternativement.

Cet embryon, ellipsoïdal, relativement très allongé, m'a semblé muni de 6 rangées de cils (fig. 3), mais la seule observation que j'ai pu faire ne m'a pas paru suffisamment précise, et peut-être n'y en a-t-il que cinq.

Cette espèce a été trouvée à Pinchat, dans un des fossés qui bordent le marais, en un nombre très restreint d'individus.

Trichophrya variabilis Sand 1899.

Corps clair, opalescent, sphérique en principe mais presque toujours fortement déformé, allongé, lobé, recourbé, et quelque peu amiboïde mais ne modifiant que lentement ses contours. Tentacules très fins, courts, à peine capités, visqueux, disséminés à la surface du corps et ne montrant que peu de tendances à une disposition radiée. Noyau sphérique, central. Une grande vésicule contractile à la partie antérieure de l'animal, et généralement une autre, ou plusieurs, accessoires, plus en arrière.

Diamètre 21 à 40 μ.

Sand a décrit en 1899 une *Trichophrya amœboïdes*, trouvée dans la mer à Concarneau, « animée de mouvements amœboïdes comparables à ceux des leucocytes, appréciables seulement en dessinant l'animal de minute en minute » ; puis en même temps, il décrivait une espèce d'eau douce, *Trichophrya variabilis*, « de forme très variable, libre, mais sans mouvements amœboïdes, et possédant de 20 à 30 tentacules divergeant de toutes les parties du corps ». Le petit Tentaculifère que j'ai rencontré de temps à autre à l'Ariana, dans l'été et l'automne de 1918, me paraît correspondre à cette *Trich. variabilis;* la taille est à peu près la même, et les deux organismes semblent identiques dans leurs traits généraux.

Sphérique en principe (fig. 2) mais ne se rencontrant que très rarement telle, la *Trichophrya variabilis* revêt les apparences les plus diverses: tantôt elliptique (fig. 1), tantôt anguleuse, allongée, pyriforme, lobée, elle change de forme continuellement; non pas que ces changements se traduisent rapidement à la vue, ni même qu'ils soient « appréciables en dessinant l'animal de minute en minute », mais si l'on garde, par exemple, un individu toute une journée en observation, on y trouvera d'une heure à l'autre les changements les plus divers.

Il ne semble pas qu'il y ait de pied, de région spéciale affectée à la fixation, mais l'animal paraît gluant, et probablement dans la fig. 3 faut-il voir un individu adhérent à une fibre végétale par un prolongement visqueux.

Les tentacules, très minces, faiblement capités, partent d'une région quelconque du corps et s'allongent dans les directions les plus diverses. Sur la plupart des individus observés, mais non sur tous, la surface des tentacules paraissait cendrée ou couverte de ponctuations, et sous un très fort grossissement on y reconnaissait

des petits grains (fig. 4), ovoïdes, de 1 μ à peine en longueur, et dont toute l'apparence était celle de microbes; ils rappelaient exactement ces corpuscules caractéristiques de la *Chlamydomyxa*, sur lesquels on a émis des opinions variées.

Les tentacules sont susceptibles de déplacements assez rapides, et lorsque par exemple l'animal est dérangé, ils se rétractent en quelques secondes.

Le noyau, peu visible, est sphérique. Dans la partie postérieure du corps, on trouve une grande vésicule contractile; mais une ou deux autres, plus petites, peuvent se rencontrer plus en avant.

La fig. 2 représente peut-être un cas de division inégale, et j'en ai vu d'autres, où les deux individus étaient égaux; mais dans aucune occasion il ne m'a été possible de voir se poursuivre les événements, et peut-être n'y avait-il là qu'une fusion temporaire de deux individus.

Je n'ai jamais vu l'embryon, ou plutôt, je n'en ai pas vu en place, dans une cavité incubatrice, et les deux ou trois petites larves de forme ovoïde-allongée, que

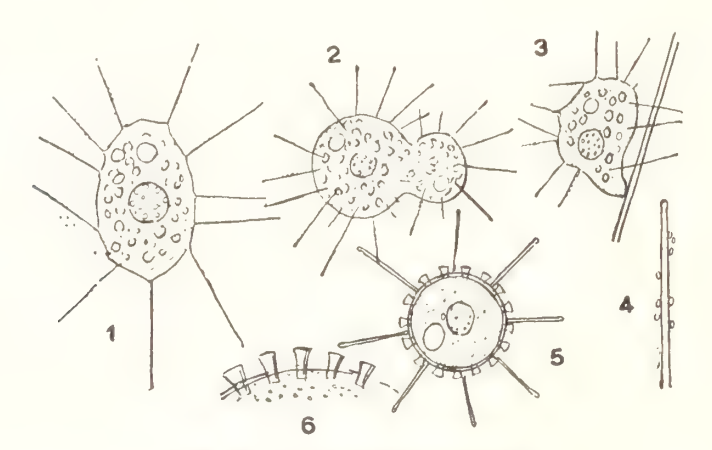


Fig. 33. — Trichophrya variabilis.

j'avais tout d'abord cru pouvoir rapporter à cette espèce étaient peut-être autre chose; même taille, même noyau, même vésicule contractile, mêmes sphérules internes, telles qu'elles caractérisent les Tentaculifères, mais alors, cet embryon — si j'ai bien observé — eût été holotriche, garni de lignes ciliaires qui paraissaient couvrir le corps entier.

La fig. 5 concerne autre chose encore, un kyste sans doute, trouvé parmi les *Trichophrya variabilis*, et qui ne pouvait représenter qu'un Acinétien, car des tentacules, bien caractéristiques, y étaient dispersés çà et là, en ordre régulier; peut-être un individu en cours d'enkystement? Mais ce qu'il y avait de plus curieux, c'était un revêtement de petits éléments solides, en forme de gobelets, régulière-

ment distribués, évasés à leur ouverture, et dont le fond, qui parassait ouvert également, traversait la paroi du kyste pour aller s'appuyer au plasma (fig. 6).

Au centre, on voyait un gros noyau rond, accompagné d'un micronucléus; sur le côté, une grande vésicule contractile.

Ce n'est du reste que sous toutes réserves que je figure ici ce kyste bizarre; non pas que mes observations manquent d'exactitude, car les détails s'y sont montrés fort nets, mais parce qu'il pourrait se rapporter à un autre Acinétien.

Dendrosoma radians Ehrenberg 1837.

Corps sans forme spéciale, s'allongeant et s'étalant sur le support en longues branches ou stolons d'où s'élèvent de distance en distance des bras cylindriques, simples ou parfois divisés, et qui portent chacun à leur sommet renflé un bouquet de tentacules serrés, droits, capités. Toute la masse, sauf l'extrémité des bras, est revêtue d'un étui feutré, jaunâtre, formé de particules de toutes sortes engluées dans un mucilage sécrété par l'animal. Cytoplasme grisâtre, renfermant un grand nombre de petites vésicules contractiles disséminées un peu partout et jusque dans les bras. Noyau en cordon très allongé, rameux, pénétrant dans toutes les expansions du corps et envoyant des branches jusqu'au sommet des prolongements.

Longueur extrêmement variable, et pour ainsi dire indéfinie, jusqu'à plusieurs millimètres.

« Taille forte », dit Bütschli (Protozoa, p. 1932), « jusqu'à 2,4 millim. d'après Kent; en principe la structure est celle de *Trichophrya epistylidis,* mais cette espèce devient beaucoup plus grande; les courts prolongements lobés de cette dernière s'élèvent ici librement en longues branches verticales, qui peuvent elles-mêmes développer des prolongements, ces derniers produisant même aussi des rameaux de 3e ordre ». Des rameaux de 3e ordre, je n'en ai pas vu, et quant à la taille, les plus longs fragments que j'ai examinés (fig. 1) ne dépassaient pas 1200 μ; mais c'étaient là des stolons déchirés par le scalpel, au grattage des feuilles des nénuphars; la taille de 2 millim. n'a certainement rien d'exagéré, et mon impression, en fait, a été qu'aucune raison ne s'opposait à une croissance indéfinie sous la feuille protectrice. Il n'y a du reste « pas de raison pour attribuer à ce genre les caractères d'une colonie, comme on l'a maintes fois prétendu »; et je ne puis que confirmer l'opinion de Bütschli sur ce point.

En résumé, la masse principale du corps est représentée par un stolon, couché sur le substratum, et d'où partent de distance en distance et sans aucun ordre pré-

cis des prolongements, dont les uns restent couchés et ne font que croître en rameaux ou stolons de 2e ordre, et les autres se relèvent en un tronc, divisé lui-même en deux ou trois rameaux à son sommet; chaque rameau portant un faisceau de tentacules capités.

Le cytoplasme, jaunâtre partout sauf à l'extrémité des rameaux où il est plus clair et dans lequel on constate une circulation générale ou cyclose, très peu intense mais bien nette, renferme un nombre considérable de petites vésicules contractiles, puis un noyau très étroit, véritable cordelette dont les ramifications pénètrent dans les lobes et dans les bras, se prolongeant même jusque tout près du sommet de ces derniers.

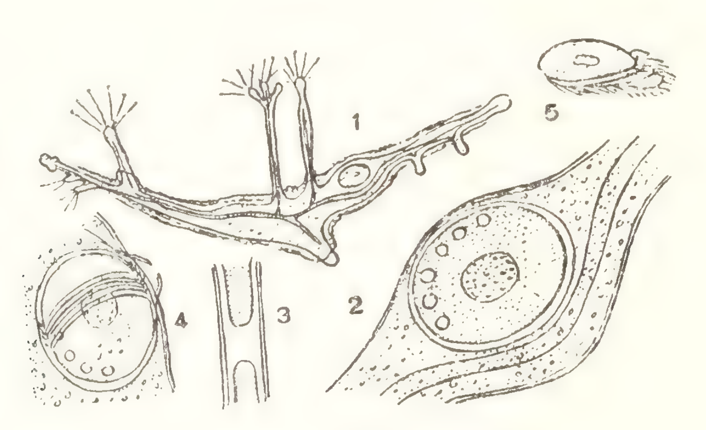


Fig. 34. — Dendrosoma radians

La masse générale du corps, qui paraît nue à première apparence, est en réalité renfermée dans une pellicule mince, transparente et incolore, dont on constate par exemple très nettement l'existence lorsqu'un accident — assez fréquent dans cet organisme — vient à froisser l'un des bras; le plasma se déchire alors, et se rétracte sur lui-même des deux côtés de la déchirure (fig. 3), laissant en vue la pellicule qui reste continue et n'a pas souffert.

Mais en outre, l'animal est recouvert d'un étui, d'un fourreau mucilagineux, d'autant plus épais qu'il est plus rapproché de ce qu'on peut appeler la base, la masse plus compacte de l'individu; et dans ce mucilage s'empâtent une infinité de granulations et de particules de toute sorte, d'origine étrangère, qui forment une croûte plus ou moins épaisse. Sur les bras jeunes, cependant, le fourreau manque.

Il nous reste à parler des phénomènes de reproduction: HICKSON et WADSWORTH (1909), dans leur beau travail sur le *Dendrosoma radians*, ont traité le sujet tout au long, mais en insistant avant tout sur la structure intime du sys-

tème nucléaire, et les observations d'ordre plus général que j'ai pu faire à ce sujet ne seront pas sans quelque utilité.

Le premier indice que l'on ait de la formation d'un embryon est un renflement du stolon, dans une région quelconque de sa longueur; bientôt plusieurs petites vésicules contractiles apparaissent dans le renflement, toutes sur une même ligne arquée, laquelle occupe, non loin du bord renflé, une aire diamétralement opposée à celle où se trouve le noyau, recourbé lui-même parallèlement à l'autre bord du renflement.

En dehors des petites vésicules, un sillon circulaire apparait et se creuse, circonscrivant une masse arrondie qui reste encore rattachée au cytoplasme dans le voisinage du noyau; ce dernier envoie un prolongement dans la petite masse, qui ne tardera pas à se dessiner bien ronde, renfermée dans une véritable poche ou cavité.

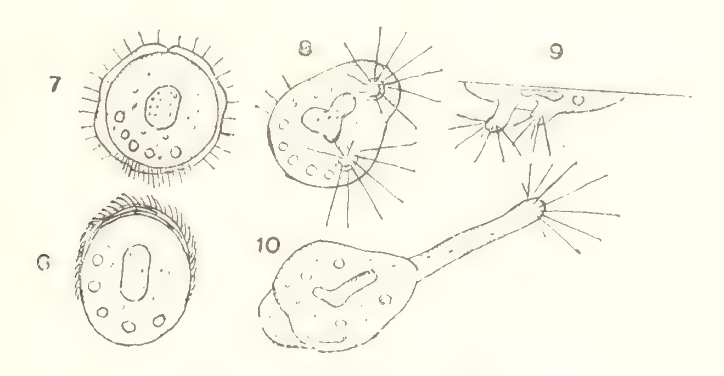


Fig. 35. — Dendrosoma radians.

Dans la fig. 2, nous avons alors l'embryon, tel qu'il est en ce moment, avec ses vésicules contractiles toutes d'un même côté, et son noyau arrondi.

Une fois libre de toute attache, à l'intérieur de la cavité, l'embryon commence à se mouvoir; il tourne lentement sur lui-même, se déforme, et les lignes ciliaires. qui s'étaient tout d'abord montrées sous la forme d'une ceinture inférieure, et qui redeviendront telles plus tard, semblent maintenant par instants équatoriales (fig. 4); quelques minutes encore et l'embryon sortira brusquement, les cils en avant. On remarquera dans cette fig. 4 une protubérance de la cuticule maternelle, percée en son milieu, d'un orifice par lequel passera le petit être en sortant; c'est là la trace de la membrane soulevée au passage d'un premier individu, et le second, né très vite après le premier, utilisera cette même voie.

A peine au dehors, l'embryon prend une forme qui lui est caractéristique, à peu près discoïde, mais d'ailleurs un peu variable, à convexité plus ou moins forte, avec lignes ciliaires infères ou plutôt inféro-antérieures (fig. 5, et fig. 6 pour la larve

vue d'en haut), et prend sa course. Mais il ne court pas longtemps: C'est ainsi que l'individu représenté par la fig. 6, sorti du parent à 5 h. 40, se voyait à 5 h. 50 déjà posé, et tel que le montre la fig. 7; il s'était largement étalé (sous le couvre objet); les cils de la ceinture étaient immobiles; la plupart, d'ailleurs, n'existaient plus, en partie résorbés, semblait-il, ou tombés en poussière, et tout autour du jeune animal, une couronne serrée de petits tentacules courts, nettement capités avait fait son apparition. La fig. 8 (et fig. 9, sur une vue de côté) montre le même exemplaire à 7 h. 50; deux ou trois petits tentacules latéraux étaient encore en vue, et deux prolongements très courts, à tête arrondie et surmontée d'un faisceau de tentacules normaux, se montraient déjà.

Dans la fig. 10, c'est encore le même jeune individu, mais tel qu'il était devenu le lendemain aux premières lueurs du matin; l'un des prolongements semblait s'être rétracté, l'autre s'était allongé tout droit, comme un bras déjà normal de l'adulte; les vésicules contractiles se voyaient encore groupées pour la plupart dans une même région, mais, il faut l'ajouter en passant, à cet âge déjà, elles peuvent être dispersées, comme j'ai pu le vérifier sur d'autres individus [1].

Le *Dendrosoma radians* se trouvait abondant à l'Ariana en décembre 1918, dans l'eau glacée et sous les feuilles des nénuphars déjà envahies par cette nappe visqueuse qui annonce la décomposition.

Dendrosoma gammari sp. n.

Corps sans forme bien définie, montrant une souche principale allongée, étalée sur le support, et d'où s'élèvent plusieurs bras ou prolongements cylindriques, qui se renflent quelque peu à leur sommet et y portent un bouquet de tentacules droits, nombreux, capités, fort longs et rayonnant dans toutes les directions. Le corps entier, jusqu'à l'extrémité des bras, est revêtu d'un feutrage jaunâtre de granulations et de particules étrangères prises dans un mucilage visqueux. Vésicules contractiles généralement en très petit nombre, trois ou quatre sur les jeunes individus. Noyau allongé, poussant des ramifications dans les lobes et les bras.

Longueur 170 à 280 μ. Pièces de la hanche de *Gammarus pulex.*

Hickson et Wadsworth (1909) mentionnent dans leur Mémoire un *Dendrosoma* que Stein avait incidemment indiqué comme « *Dendrosoma astaci* » et que l'on trouve attaché aux appendices de l'*Astacus fluviatilis;* mais en l'absence de toute description comme de toute figure les auteurs anglais pensent que c'était là

[1] Les observations ont en effet été contrôlées, à différentes reprises, et toujours les événements se sont succédé de la même façon.

simplement le *Dendrosoma radians.* A mon avis, ce Tentaculifère, dont ni BÜTSCHLI, ni COLLIN ne citent même le nom, pourrait bien être autre chose, peut-être même ce *Dendrosoma* qu'il me faut décrire maintenant; mais les informations étant nulles, c'est d'un *Dendrosoma gammari* que je crois devoir parler.

Ce Tentaculifère, de taille infiniment plus faible que le *D. radians,* vit sur les pattes du *Gammarus pulex,* ou plutôt sur une région déterminée des pattes, près de leur point d'attache au corps, et presque toujours couché dans le fond d'un sillon (fig. 2).

Si l'on se reporte à la fig. 1, on y reconnaitra sans doute un *Dendrosoma,* mais de forme plus massive que dans l'espèce précédente, de taille infiniment moins considérable, à rameaux moins nombreux, moins longs et bien moins nettement séparés

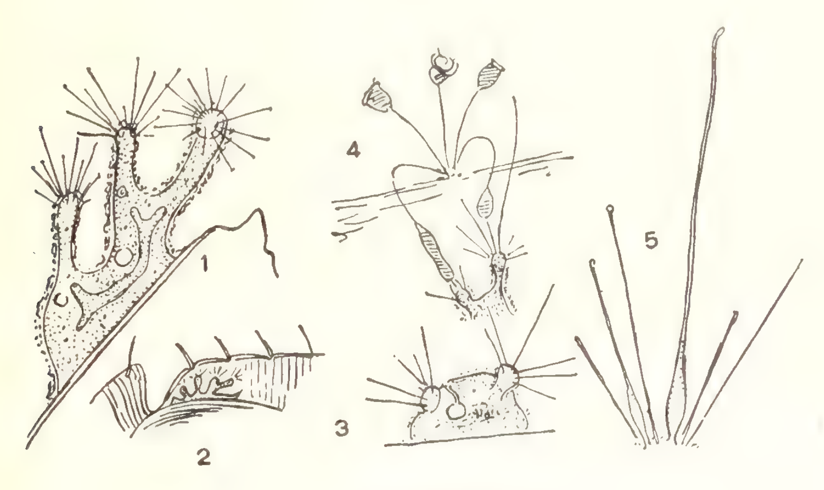


Fig. 36. — Dendrosoma gammari.

du corps; plutôt que des rameaux, ce ne sont que des lobes. Le noyau, bien qu'allongé et reproduisant vaguement la forme de l'animal, est plus compact également. On voit presque toujours un certain nombre de vésicules contractiles, les unes extrêmement petites, deux ou trois autres plus grandes, quelquefois même une seule, comme dans la fig. 3 qui représente un très jeune individu, et dans lequel la vésicule se montrait reliée avec le dehors par un canal en forme de croissant, plutôt une fente, qui s'ouvrait pour laisser passer le liquide.

Le corps est recouvert d'une mince couche de mucilage, où sont empâtées des granulations et des particules étrangères (fig. 1).

La fig. 4 est destinée à rendre plus claire une observation d'un genre particulier: après avoir dilacéré un *Gammarus* pour mettre en vue un *Dendrosoma,* je trouvai dans le voisinage immédiat de ce dernier une petite colonie de Vorticelles,

que le scalpel venait incidemment de rapprocher de l'Acinétien; et immédiatement deux d'entre elles furent appréhendées, chacune par un tentacule, et chacune aussi à son point le plus faible, la rainure péristomienne. Malgré des mouvements violents, aucune d'elles ne parvint à se dégager: plus tard, un troisième tentacule (que l'on voit à droite sur la figure) s'allongea démesurément, pour aller à son tour atteindre une troisième Vorticelle; et alors, ce tentacule (comme du reste un autre resté inactif) se renfla d'une manière toute spéciale à sa base (fig. 5), sans que j'aie pu en deviner la raison. Quant aux Vorticelles, elles furent rapidement vidées, ne gardant à leur intérieur que le noyau et quelques petits grains; mais ce qu'il y avait de plus curieux à observer, c'était une véritable lutte entre l'une des Vorticelles, inerte et distendue de 2 et de 3 fois sa longueur primitive, et le tentacule qui s'efforçait de la retenir; en effet, si la Vorticelle était morte, son pédoncule ne l'était pas, et cherchait obstinément à se rétracter, décrivant des évolutions fantastiques. Finalement le tentacule lâcha la proie déjà vide, mais y resta un instant encore rattaché par un fil glutineux, très fin, qui se rompit à son tour.

Cette espèce doit être assez rare; je ne l'ai trouvée qu'à Thônex, et sur un nombre très restreint de *Gammarus;* sur dix de ces petits Amphipodes, à peine un seul en montrait-il.

Dendrocometes paradoxus Stein 1859.

Corps arrondi, lenticulaire, fixé au support par sa face basale tout entière. Sur les côtés et à peu près à mi-hauteur de la convexité libre se détachent plusieurs bras (2 à 4 le plus souvent) cylindriques, larges, qui se bifurquent ou se divisent en 3 branches se divisant elles-mêmes et se redivisant encore, la dernière ou 3e ramification se montrant sous forme de tentacules cylindroconiques, non capités, invaginables à leur sommet. Noyau ellipsoïdal plus ou moins allongé. Une grande vésicule contractile, excentrique, sous la face convexe.

Diamètre, 80 μ; rarement jusqu'à 100 μ.

Ce curieux Tentaculifère, que l'on trouve uniquement sur les branchies des *Gammarus*, mais sur lesquelles il ne manque pour ainsi dire jamais, a fait l'objet de travaux poussés fort loin, et dont les deux derniers, ceux de Plate (1886) et de Hickson et Wadsworth (1904) sont les plus complets. Mes observations ne m'ayant pas fourni de résultats bien nouveaux, je ne traiterai que brièvement du sujet, me contentant plutôt de quelques explications sur les figures que j'ai cru devoir donner.

Les fig. 1 et 2 donnent une idée de l'animal examiné par le côté; dans la seconde on voit une cavité incubatrice, dans laquelle se forme un embryon. La fig. 3 montre l'un des bras, terminé par trois « doigts pointus » ; en 4 la partie mobile des doigts, le cône, s'est invaginée. A la suite d'une commotion forte, ou par exemple du transport sur une nouvelle lamelle, la rétraction eût été plus prononcée encore, et les trois doigts, plissés jusqu'à leur base, eussent formé ensemble une sorte de moignon plus ou moins arrondi.

A-dessous, dans les fig. 5 et 6, nous avons la vésicule contractile, en communication avec le dehors par un canal tubulaire, dont les parois ne sont qu'une invagination de la cuticule; le tube pénètre, pour ainsi dire, jusque dans la cavité vésiculaire, y dessinant de ses bords appliqués l'un à l'autre une petite pointe; lors de la systole, l'ouverture en sera forcée (ou bien, peut être sera-ce la pointe elle-même qui en élargissant ses bords, livrera passage au liquide? dans *Frontonia leucas* nous avons décrit ailleurs une action de ce genre).

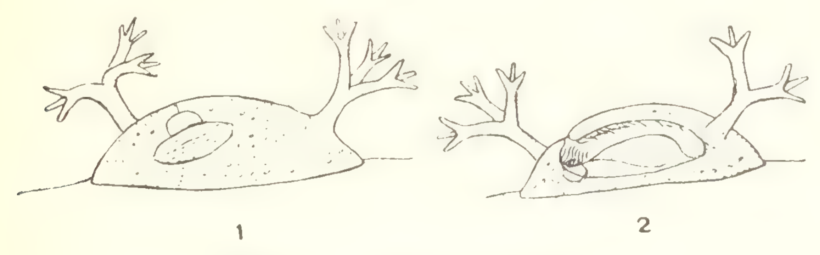


Fig. 37. — Dendrocometes paradoxus.

Le rythme de la vésicule est très lent dans cet organisme; une pulsation toutes les deux minutes environ, et quand l'animal est fatigué, ou bien isolé sous le couvre objet, et déjà quelque peu asphyxié, on peut garder l'œil une demi-heure entière à l'objectif sans constater de pulsation; mais un apport d'eau pure rendra très vite à la vésicule son activité.

Le noyau est ovoïde-allongé, et paraît souvent strié dans sa longueur, les granulations qui le remplissent étant orientées suivant son plus grand axe (fig. 1); Plate n'a pas vu de micronucléus, mais Hickson et Wadsworth l'ont nettement distingué, et l'ont même trouvé plus volumineux qu'il ne l'est dans beaucoup de Ciliés; il y en a du reste, d'après eux, plusieurs, généralement trois. Pour mon compte, je l'ai vu nettement dans la larve ciliée (fig. 14) ainsi que sur un jeune individu; mais sur l'adulte, il m'a échappé.

Les phénomènes de division, ou plutôt de bourgeonnement interne avec libération d'embryons ciliés, sont assez fréquents, mais beaucoup moins que ceux de transformation totale, au cours desquels l'individu tout entier, moins la cuticule, revêt la

forme de larve ciliée et va chercher un autre terrain de fixation. Ces phénomènes sont probablement en rapport avec les circonstances ambiantes ; incommodé, par exemple, par le séjour en eau peu aérée, attaché à une branchie qui ne fonctionne plus, il quitte sa demeure, et quelquefois l'on voit tous les individus partir les uns après les autres, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus un seul.

L'animal quitte ainsi son enveloppe avec la plus grande facilité du monde, mais cela après une succession de phénomènes dont les détails dans leur phase ultime tiennent encore un peu de l'énigme.

Il rétracte d'abord tous ses bras, qui se raccourcissent, lentement, sans plissement, de sorte que bientôt — après quelques heures — on ne verra plus, par exem-

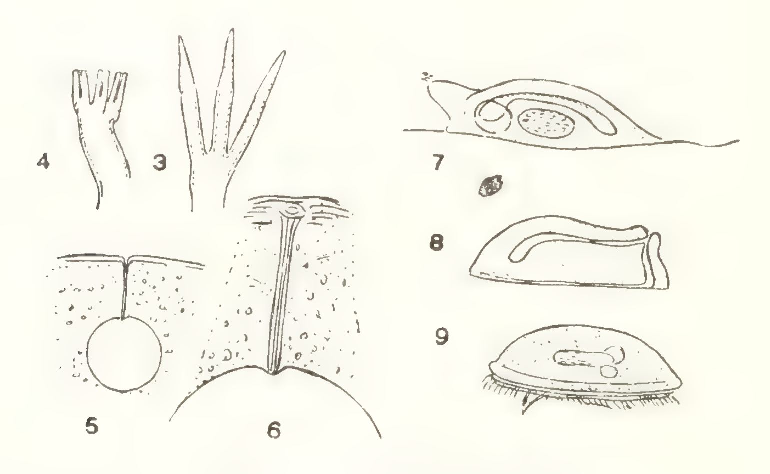


Fig. 38. — Dendrocometes paradoxus.

ple, que le moignon du dernier d'entre eux, comme une protubérance lisse, à laquelle adhèrent parfois quelques bribes échappées à la résorption (fig. 7) ; enfin tout est lisse, l'animal est réduit à l'état d'un disque fortement convexe, relevé sur l'un des côtés en une double lèvre bordant une fente étroite (fig. 8).

Pendant ce temps, un embryon s'était formé dans l'intérieur, presque identique en apparence à celui que nous avons vu dans *Discophrya scyphostyla* (à laquelle nous pourrions renvoyer pour les détails), et tout d'un coup, comme dans cette dernière également, un grand changement s'opère; cette sorte de bec dont on voyait l'embryon pourvu s'avance, les lèvres de la fente s'écartent devant lui, et l'on voit courir la masse totale de l'embryon, sous les parois, en arrière, par dessus, par dessous, tout cela s'empressant vers la fissure. La larve sort les cils en avant, mais après une seconde à peine et à demi libérée, elle a déjà revêtu la forme que montre la figure 11, une sorte de coupe, sur laquelle se dessinent fortement les lignes de cils ; une seule seconde encore, et

nous avons la fig. 12 (de côté, c'est la fig. 10), la larve ciliée déjà typique, et qui n'a plus qu'à se détacher. Elle se détache du reste immédiatement, laissant derrière elle un paquet de plasma inutile, ou de simples déchets granuleux. La pellicule d'enveloppe, pendant ce temps, a diminué de volume comme un ballon qui se serait détendu en chassant l'air qu'il renfermait; une fois abandonnée, elle a l'apparence indiquée par la fig. 13.

La larve est discoïde, convexe sur le dos, légèrement concave à sa face inférieure, cette dernière munie de 4 rangées de cils séparés par trois bourrelets; mais tout cela beaucoup plus compliqué qu'on ne le représente généralement; dans ces rangées concentriques, on remarque (à gauche dans la figure) sur un point spécial une solution de continuité, sur un autre une bifurcation;

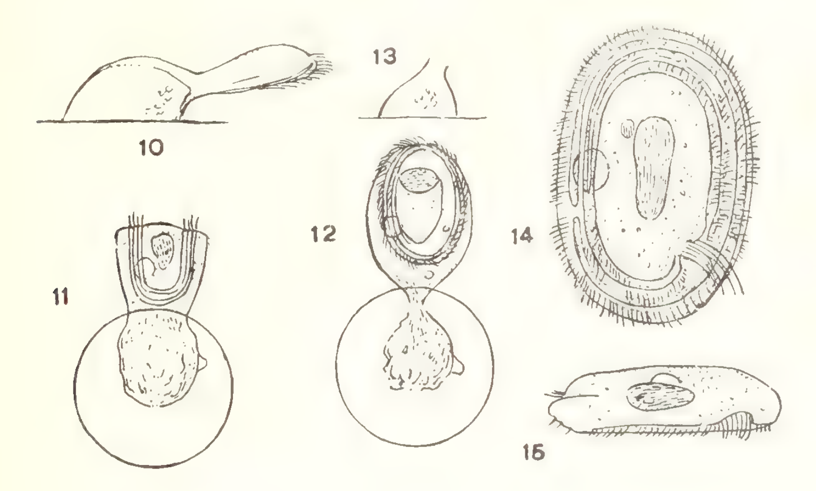


Fig. 39. — Dendrocometes paradoxus.

à droite et en bas se dessine un arc rentrant, ou fossette d'où sort un large faisceau de longs cils, indépendants des autres et qui peuvent rester immobiles alors que tous ceux des sillons battent vivement[1].

De côté, suivant l'orientation, la larve se montre comme dans la fig. 15 ou bien la fig. 9, et sous d'autres aspects encore; mais elle est toujours discoïde-allongée, avec lignes de cils infères.

Libérée, elle peut errer fort longtemps, tout au moins lorsqu'elle est isolée en eau pure, sous le couvre-objet; et dans un cas spécial, je l'ai vue courir 26 heures avant de se décider à se poser.

[1] Cette fossette ciliée rappelle celle de l'embryon des *Spirochona*, un Péritriche, mais que l'on a peut-être tort de considérer comme tel.

A peine fixée, on la voit s'étaler, perdre ses cils, et bientôt se montrent 2, 3, 4 petites dents, qui grandiront, s'allongeront en un large tube au sommet duquel se dessineront trois rameaux, puis ces rameaux se diviseront à leur tour, et enfin, nous aurons les bras au complet, après 3 ou 4 heures, ou parfois après toute une nuit.

La conjugaison, longtemps regardée comme douteuse, a été observée par Plate, qui l'a du reste trouvée très rare, et dit que les deux individus restent environ deux jours unis par un pont de plasma, et y échangent leur substance interne. Pour mon compte, pendant longtemps j'ai dû reconnaître que les conjugaisons qui semblaient se présenter n'étaient qu'apparentes, dues à l'entrecroisement des bras de deux individus très rapprochés; mais plus tard, j'en ai trouvé un cas certain, deux exemplaires liés non pas par les bras mais par un large pont, avec fusion des deux cuticules d'enveloppe. Dans une autre occasion, le phénomène s'est montré à nouveau, deux individus déployés, unis l'un à l'autre; mais alors, un peu plus tard, tout le contenu de l'un des individus passa dans le corps de l'autre, ne laissant en arrière qu'un sac vide. De deux animaux il s'en était formé un!

Podophrya fixa (O. F. Müller) Ehrenb. 1838.
Trichoda fixa O. F. Müller 1786.

Corps sphérique, muni d'un pédoncule droit ou légèrement recourbé, creux, un peu élargi à ses deux extrémités, en général aussi long que l'animal et rarement plus. Tentacules minces, droits, dilatés en cône à leur extrémité et répartis en nombre relativement peu considérable sur toute la surface du corps. Noyau central, sphérique ou ellipsoïdal. Vésicule contractile grande, dans la partie antérieure du corps, et rejetée un peu sur le côté.

Diamètre 40 à 70 μ.

Toutes mes études sur les Infusoires se sont poursuivies suivant une méthode spéciale, et aussi, pourrait-on dire, en trois temps: 1° Observation pure et simple de l'organisme considéré provisoirement comme « nouveau »; 2° Recherches bibliographiques, identification de l'espèce, comparaisons; 3° contrôle sur le vivant, rectifications éventuelles.

Pour l'espèce qui nous occupe actuellement, la *Podophrya fixa,* cette méthode a été suivie à la lettre, mais pas jusqu'au bout; le troisième temps, le contrôle, a été négligé, soit en partie parce que les circonstances rendaient

impossible une continuation du travail, soit surtout parce que les résultats de mes observations m'ont paru s'accorder si bien avec les faits rapportés par Collin dans maintes pages de son grand volume, que ce contrôle en devenait presque inutile. D'autre part, aujourd'hui même et en préparant ce chapitre, est arrivé à ma connaissance l'excellent Mémoire de F. M. Root (1914) sur la *Podophrya collini;* et alors, aujourd'hui et pour cette espèce spéciale, je voudrais négliger l'auteur américain, négliger Collin, négliger, en fait, les « deux derniers temps » et rendre compte de mes seules observations, résumant en quelques pages les 34 petites feuilles de notes et les 80 figures prises en étudiant cette espèce; aussi bien les comparaisons que d'autres pourront faire auront-elles leur utilité, plus évidente peut-être que si le contrôle venait de moi.

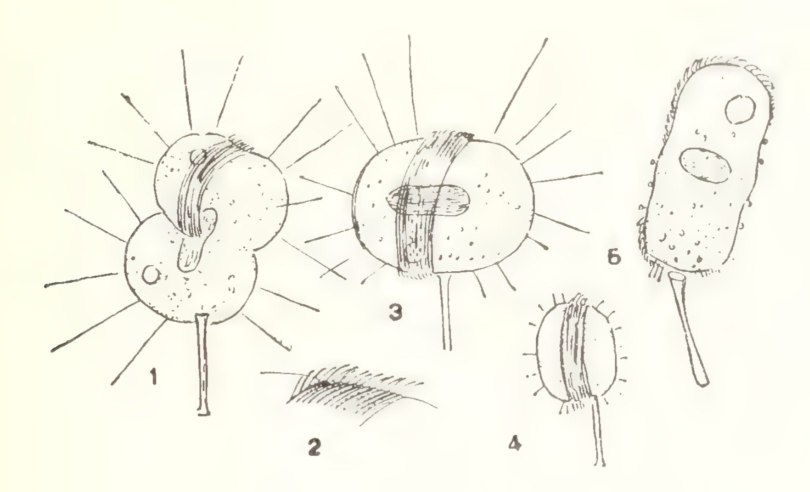


Fig. 40. — Podophrya fixa.

Laissant de côté la morphologie de l'animal, nous examinerons brièvement les phénomènes de Division, de Transformation totale de l'individu en larve ciliée, de Fragmentation en individus multiples, de Parasitisme et d'Enkystement.

La division[1] est extrêmement fréquente ; on peut l'observer à chaque instant. Le corps commence par s'étrangler quelque peu dans le sens équatorial, de sorte que la tige semble porter non pas une seule sphère, mais deux sphères l'une sur l'autre, la supérieure légèrement déviée sur le côté (fig. 1). La sphère supérieure se creuse légèrement à son pôle apical, et dans le creux commencent à appa-

[1] Rappelons pourtant que Collin la considère — à juste titre, car nous trouverons plus tard des cas de division vraie — comme un « Bourgeonnement externe », qui simule quelquefois une « division transverse », égale ou sub-égale, quand le volume de l'embryon se trouve être considérable par rapport au volume du parent ».

raître des sillons, très serrés, au nombre d'une douzaine au moins, et sur lesquels de petites saillies vont se développer en cils. Le noyau s'allonge, et va bientôt se couper: une vésicule contractile se forme dans la sphère nouvelle. La ceinture ciliaire, cependant, se dessine toujours plus nette, et va rejoindre, mais sans la dépasser jamais, la constriction déjà très avancée qui sépare les deux sphères l'une de l'autre; les cils y battent lentement, tous ensemble sur une même ligne transverse du ruban comme s'ils étaient liés les uns aux autres; les tentacules sont partout bien développés, sauf, bien entendu, dans le champ ciliaire, qu'ils ont abandonné.

Cependant, l'embryon s'allonge, dans le sens de la ceinture ciliaire, et en même temps s'opère une compression latérale; le petit être devient elliptique, aplati, et la ceinture revêt de plus en plus la forme d'une bordure, courant autour de l''embryon maintenant aplati et allongé en raquette. Les tentacules se rétractent lentement, finissent par n'être plus qu'un bouton; la vésicule contractile devient fort grosse, prend temporairement des contours bizarres, et tout près d'elle le corps se déprime, en un « creusement de compensation »; le noyau s'allonge, prend une position transverse qu'il gardera longtemps, et se montre strié dans sa longueur. Enfin, la forme définitive est acquise, celle que montre la figure 5 (qui représente une transformation totale, mais dont le résultat est identique à celui de la division), les cils se mettent tout à coup à battre vivement; l'embryon se détache, part la vésicule contractile en avant, quelques tentacules, très courts, traînant en arrière; et disparaît en tournoyant.

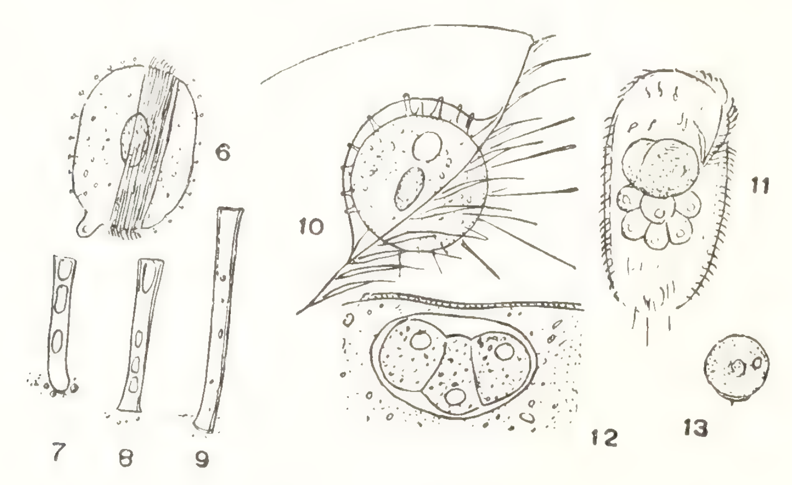


Fig. 41. — Podophrya fixa.

Le phénomène tout entier, à partir de la première indication de la division, de la première trace d'étranglement, a duré 2 heures environ; dans le cas représenté

par la fig. 1, où la division était déjà fort avancée à 4 h. 30 lors de la rencontre, l'embryon partit à 5 h. 03.

La transformation totale de l'individu en larve ciliée est très fréquente également, plus encore peut-être que la division. Les phénomènes y sont absolument les mêmes, et la seule différence consiste en ce qu'il ne s'opère pas d'étranglement, et que la ceinture ciliaire, au lieu de s'arrêter en chemin, fait le tour complet de l'individu ; mais en raison de la tige, qui s'opposerait à son passage, cette ceinture n'est pas tout à fait méridienne, mais légèrement en biais sur l'axe unissant les deux pôles, et passe près de la tige sans la toucher ; c'est ce que montre la fig. 3, puis encore la fig. 4 qui représente l'animal dans une phase un peu plus avancée et avec une orientation différente, alors que l'aplatissement commence à se produire, et que les tentacules sont déjà aux trois quarts rétractés. Dans la fig. 5 on voit, un peu plus tard, l'individu cilié se détacher brusquement de son pédoncule et partir.

Après avoir couru pendant un temps fort variable, quelques heures ou quelques minutes suivant les circonstances, l'individu cilié, qu'il provienne de division ou de simple transformation, se fixe ; à peine s'est-il abattu, qu'on voit pousser tout près de la ceinture dont les cils commencent déjà à se résorber, une petite protubérance, une gouttelette limpide, dans laquelle est un grain brillant (fig. 6) ; ce grain se dissout, la protubérance fait place à un tube, qui s'allonge rapidement. C'est ainsi que dans l'individu représenté par cette figure 6, à peine le tube était-il distinct à 2 h. 05 ; à 2 h. 15, il mesurait le quart de la longueur de l'animal déjà sphérique et où les tentacules repoussaient ; à 2 h. 20 il était tel que le représente la fig. 7 ; à 2 h. 23 c'était la fig. 8 ; mais à partir de ce moment, les choses allèrent plus lentement, et à 3 h. seulement la tige, à peu près terminée, était ce que montre la fig. 9 ; tout d'abord, à son intérieur, on voyait un parenchyme incolore, parsemé de lacunes ou vacuoles allongées, puis plus tard ces lacunes disparurent pour faire place à des grains brillants.

Dans cette station de Pinchat où la *Podophrya* se montrait abondante, un autre Infusoire ne l'était pas moins, un cilié, la *Stylonychia mytilus ;* et c'était alors à cette seule *Stylonychia* que la *Podophrya* s'attaquait; même, presque exclusivement à une variété très grande, qui atteignait 300 μ en longueur.

La *Podophrya* prenait alors presque toujours sa proie par le défaut de la cuirasse, la face ventrale à la hauteur du bas du péristome, et s'enfonçait elle-même si bien dans l'Infusoire, qu'elle s'y trouvait à moitié englobée (fig. 10) ; presque complètement rétractés, les suçoirs, très courts, pénétraient dans la *Stylonychia*, tandis que sur l'hémisphère libre ils restaient déployés en longs tentacules.

Pour absorber sa proie la *Podophrya* prend son temps ; elle grossit toujours plus, et, devenue très volumineuse, elle se divise, en deux parties égales ; le plus

souvent, le nouvel individu se met lui-même à consommer sur place; puis une nouvelle division se produit, et souvent c'est deux, trois, ou quatre *Podophrya* que l'on trouve occupées à se nourrir, toutes dérivant du premier parent.

Pendant tout ce temps, la *Stylonychia* est restée inerte; elle n'est pas morte, sa vésicule contractile fonctionne, et de temps à autre quelques cils ont un battement. Sur un de ces Infusoires, capturé par la *Podophrya* au moment où il commençait à se diviser, cette division suivit tranquillement son cours jusqu'à la fin; mais les deux individus ne purent se séparer; le lendemain, ils vivaient encore, toujours unis; le surlendemain l'un d'eux était mort, l'autre, déformé, boursouflé, allait bientôt périr, mais dégagé de la *Podophrya* par la pointe d'une aiguille, puis transporté en eau claire, il reprit vie et activité.

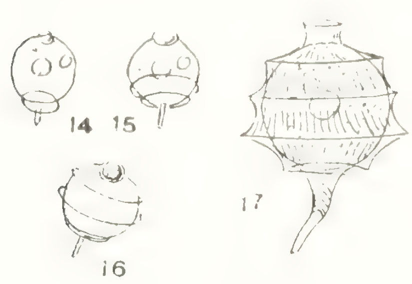


Fig. 42 — Podophrya fixa.

Comparée à la *Podophrya*, la *Stylonychia* est en effet d'un volume énorme, et si deux ou trois ennemis ne la consomment pas à la fois, elle résiste pendant deux jours, immobile, mais vivante encore, comme le serait un animal sous l'action du curare. Le plus souvent, cependant, elle finit par se désagréger et mourir.

On trouve aussi, assez souvent même, des *Podophrya* en plein cytoplasme de la *Stylonychia*, à l'état de parasites vrais; c'est tout d'abord une grosse boule, unie, sans tentacules; puis cette boule se divise, et les produits se divisent encore, même jusqu'à la 4[e] division, d'où résultent 16 individus très petits.

Dans la fig. 12, on voit dans une grande vacuole, trois masses accolées l'une à l'autre et de même volume; produit sans doute de division. Mais bien souvent, ces boules internes, au lieu de multiplier à l'intérieur de la *Stylonychia*, sont éliminées, et arrivées au dehors, elles commencent à se diviser, soit en segments égaux, soit aussi en parties plus petites; ce dernier fait paraît cependant être accidentel, peut-être n'y faut-il pas voir un bourgeonnement. Plus souvent, les deux individus nés d'une première division n'en restent pas là; ils se divisent eux aussi, puis les produits se divisent encore, et alors d'après les procédés normaux, avec formation d'une ceinture ciliaire, production d'un embryon allongé, une répétition, en fait, d'une exactitude parfaite, de ce que nous avons décrit pour les adultes (fig. 1); ou bien, ce sont des transformations totales; et nous avons devant nous des *Podophrya* parfaites et à tentacules déployés, mais sans tige et tout à fait naines.

Pour citer un exemple, nous suivrons une *Podophrya*, de 38 μ de diamètre, qui attaqua une grosse *Stylonychia* le 14 avril à 4 h. de l'après-midi. Voici, dans leur laconisme originel, les notes que j'ai prises à ce sujet:

14 avril. 4 heures. Capture; *Podophrya*, 38 μ en diamètre.

15 avril. 8 h. Infusoire cilié immobile mais vivant; les cirrhes battent de temps à autre. *Podophrya* 72 μ.

12 h. *Stylonychia* vivante; *Podophrya* 76 μ.

3 h. *Stylonychia* inerte; la *Podophrya* s'est divisée en deux.

6 h. Même état.

16 avril. 9 h. 7 *Podophrya*, dont une très grosse, 6 très petites, à côté de la *Stylonychia* tombée en poussière.

10 h. 12. La grosse *Podophrya* se divise; l'une des petites également.

Il serait inutile de relater plus au long l'expérience, qui se poursuivit d'heure en heure jusqu'au soir; divisions, transformations totales, petits individus libres ou à tige, tout se montra; puis le 17 avril à 9 h. $^1/_2$, on ne voyait plus que de très petits individus, au nombre d'une vingtaine (d'autres avaient dû s'échapper), mais aucun ne se divisait plus.

Mais il nous faut revenir un peu en arrière, et considérer des phénomènes dans lesquels il n'est pas absolument certain que la *Podophrya fixa* fût en cause; il s'agissait peut-être d'une autre *Podophrya*?

Voici les faits: Dans l'intérieur de certaines *Stylonychia*, on rencontrait, au lieu des *Podophrya* typiques, ou même avec elles (fig. 11 où la *Podophrya fixa* s'est divisée en 8 segments) une masse volumineuse, noirâtre, à gros grains, à noyau central peu visible, et à vésicule contractile sur le côté. Parfaitement lisse, cette masse est globuleuse, ou bien vaguement pyriforme: parfois elle s'allonge, et se divise, le plus souvent en 3 parties inégales (fig. 12).

Après quelque temps la *Stylonychia* rejette cette boule spéciale, par déchirure de sa face ventrale, et la sphère éliminée reste inerte au dehors, lisse, sans changement, pendant un jour ou même deux, puis finit par se diviser en deux ou en trois segments, sans qu'un seul tentacule, sans qu'une seule ligne ciliaire semble apparaître jamais.

Ces sphérules ainsi obtenues sont alors destinées à l'enkystement, ou en tout cas, dans les cinq expériences que j'ai faites à ce sujet, c'est par l'enkystement que tout s'est terminé.

On voit alors, sur ces boules inertes, apparaître tout d'abord une courte tigelle (fig. 13), mince, et presque en même temps, au pôle opposé à la tige, se montre un gros bouton brillant (fig. 14). Très vite, autour de la tige s'étend une nappe hyaline, une cupule qui grimpe sur la sphère, s'étale en une arête et bientôt va durcir, dessinant la première partition du kyste (fig. 14); puis la nappe continue à grimper, forme une nouvelle arête, ou deuxième partition (fig. 15); elle monte encore, et en forme une troisième (fig. 16); puis vient la construction de la collerette, ce rebord

tubulaire, évasé, qui termine le kyste à son pôle antérieur, et c'est alors qu'entre en action le gros bouton brillant, qui a peu à peu grossi, et maintenant figure une sorte de moule autour duquel se dépose le mucilage durcissant. Lorsque la solidification est terminée, le bouton brillant se rétracte lentement (en 2 ou 3 heures), et disparaît, laissant le kyste achevé.

Pendant que tout cela se passait, la tige s'était de son côté creusée, élargie, était devenue un tube, conique, rayé de partitions en forme de coins (fig. 17), et la surface du kyste s'était tout entière couverte de stries longitudinales, allant d'un pôle à l'autre, mais visibles surtout comme de faibles rainures, entre les arêtes caractéristiques du kyste maintenant parfait, un kyste typique de *Podophrya*.

Podophrya soliformis (Lauterborn) Penard 1918.
Sphærophrya soliformis Lauterborn 1908 (**Sphærophrya sol.** Laut. 1901).

Corps sphérique, porté par un pédoncule étroit, creux, droit, étalé à son point de fixation sur le support, légèrement dilaté à son point d'attache au corps, et dont la longueur dépasse normalement de très peu le diamètre de l'animal. Tentacules très nombreux, en général courts et arrivant tous à peu près à la même hauteur, capités, très fins à leur sommet puis s'élargissant vers leur base et y devenant enfin coniques. Noyau sphérique ou ellipsoïdal, central. Vésicule contractile à peu près vers le milieu du corps.

Diamètre, 40 à 63 μ.

Toutes les *Podophrya* peuvent se rencontrer dépourvues de tige; parfois même quand on trouve cette dernière c'est à titre d'exception, et c'est pour ne l'avoir pas vue que Lauterborn, en 1901, a décrit sa *Sphærophrya sol.*, devenue en 1908 *Sph. soliformis*, le nom de *sol* s'étant trouvé préoccupé.

En 1918, j'ai publié sur cette espèce un travail d'une certaine étendue, auquel je ne puis que renvoyer pour les détails; mais cependant, après avoir revu cet organisme et y avoir constaté quelques faits nouveaux, je reviendrai brièvement sur le sujet.

« Les tentacules, disais-je, extrêmement nombreux et serrés sur toute la surface du corps, sont ici particulièrement mobiles et changeants; très courts en général, ils peuvent cependant s'allonger plus que ne l'indique Lauterborn, et sur des individus laissés dans une tranquillité complète, on les voit atteindre en longueur bien plus que le diamètre du corps ». Plusieurs des observations que j'ai faites plus tard sur des individus isolés et laissés longtemps dans une tranquillité que rien ne pou-

vait troubler, m'ont fourni des résultats bien plus curieux encore; ces individus, examinés à un faible grossissement, paraissent entourés, à une distance assez considérable, d'une auréole de microbes, que l'on voit par instants s'agiter; ces microbes ne sont pas autre chose que les têtes des tentacules, et ces derniers atteignent en longueur quatre ou cinq fois le diamètre du corps (fig. 2), rétrécis lentement de la base au sommet, et terminés par une tête renflée, relativement fort grosse, allongée en larme (fig. 3); et sous la tête, le tentacule n'est qu'un filament d'une finesse si extraordinaire qu'on a beaucoup de peine à le distinguer; à peine y mesure-t-il un quart de μ, et l'on se demande comment ce peut être là un tube avec canal intérieur. Le moindre courant passant dans le voisinage agite toute cette chevelure, et en outre, les tentacules balancent de leur propre chef leur pointe de côté et d'autre; bien plus, ils se rétractent ou s'allongent, avec une rapidité telle qu'on a

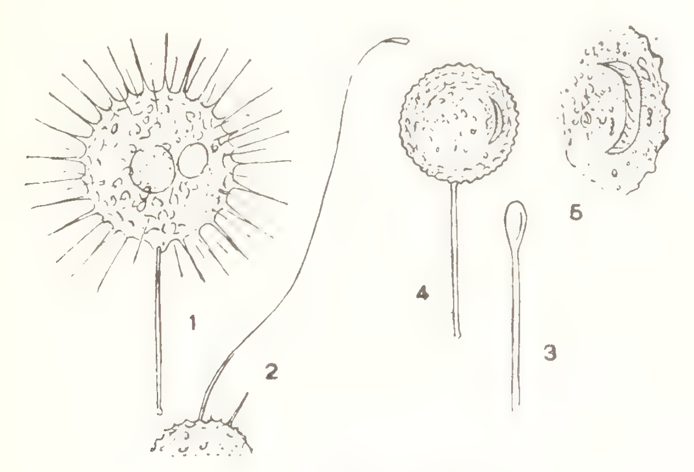


Fig. 43. — Podophrya soliformis.

peine à comprendre cette opinion courante, qui veut qu'il faille un temps très long, des heures mêmes, pour l'exécution de ces changements; en réalité, j'ai vu le long tentacule représenté dans la fig. 2 se rétracter en deux secondes jusqu'à devenir identique au petit prolongement qu'on voit à droite tout près de lui.

La fig. 4 est une première indication de la transformation totale en embryon cilié; la fente en forme de croissant correspond à la cavité incubatrice des Tentaculifères en général; mais ici tout se passe d'une manière particulière: le creux, largement ouvert, reste très peu profond, une ceinture de cils y prend naissance (dans ma première communication, je n'avais fait que la deviner), dans une gouttière circulaire (fig. 5); puis plus tard, après un quart d'heure au plus, quand la sphère se sera allongée à angle droit sur la tige et aura l'apparence d'un « pois-

son-girouette », la ceinture ciliée se dévaginera très rapidement, l'animal se décrochera, pour s'en aller les cils en avant. Bientôt d'ailleurs il se posera, s'abattra sur son disque, s'arrondira en sphère et poussera une tige, laquelle, il faut le remarquer, sera de la sorte virtuellement à angle droit sur la tige précédente.

A la page 6 de mon Mémoire (1918), j'avais cité un cas de division vraie, par parties égales; mais ce cas unique restait encore un peu problématique; il pouvait y avoir eu contact accidentel de deux individus, etc., et je m'étais gardé d'insister. Cependant le fait était exact, la division pure et simple est possible. Le 1er décembre 1918, à 3 h. $^1/_2$ je trouvai un individu un peu allongé, et étranglé dans son milieu; l'étranglement devint toujours plus fort, et à 4 h. $^1/_2$ c'était une division achevée, sans qu'une ceinture ciliaire eût jamais apparu. Ajoutons que dans ce cas particulier, l'un des nouveaux individus resta sans changement (tout au moins jusqu'à 7 h. du soir, puis tout se perdit dans la nuit), l'autre se transforma tout entier et devint pisciforme; à 7 h. il avait pris sa course, on ne le trouvait plus.

Podophrya palmigera sp. n.

Corps sphérique, opalescent sur ses bords, porté par un pédoncule très étroit, et de longueur à peine égale à celle du corps. Tentacules extrêmement nombreux, fins, capités, d'épaisseur partout égale. Vésicule contractile grande, vers le milieu du corps. Noyau fusiforme, brillant, divisé nettement en quatre ou cinq fuseaux longitudinaux.

Diamètre 50 μ.

Ce Tentaculifère, de même taille à peu près que la *Pod. soliformis,* la rappelle si bien à première vue qu'on a peine à l'en séparer. Cependant, l'apparence en est un peu différente, la cuticule en est plus brillante, opalescente, le cytoplasme renferme des petits grains brillants que l'autre espèce ne montre pas; la tige, très mince, courte, est reliée au corps par un mamelon clair dans lequel on voit un grain brillant. Mais deux éléments surtout sont caractéristiques: les tentacules, qui sont plus longs, plus serrés, d'égale épaisseur de la base au sommet, et le noyau, toujours très visible, qui présente une structure toute particulière: de forme allongée, brillant, il rappelle une graine de dattier (fig. 2), et semble être divisé dans sa longueur en faisceaux longitudinaux, qui s'écartent les uns des autres dans une région centrale pour y laisser place à un grain spécial, bleuâtre, un centriole, lequel rougit facilement par le carmin, tandis que le reste du noyau ne se colore que beaucoup plus lentement.

Les phénomènes de division et de transformation totale en embryon cilié sont les mêmes ici que dans la *Pod. soliformis;* la fig. 3, par exemple, montre la larve avec sa couronne de cils et ses arêtes longitudinales; le noyau qui tout d'abord s'était mis en travers, près de l'extrémité antérieure du corps, est devenu longitudinal; la vésicule contractile, très grande, est en arrière. Dans la fig. 4, l'embryon vient de se poser, et les tentacules ont fait leur apparition; la partie inférieure du corps est lisse et la tige commence à se montrer.

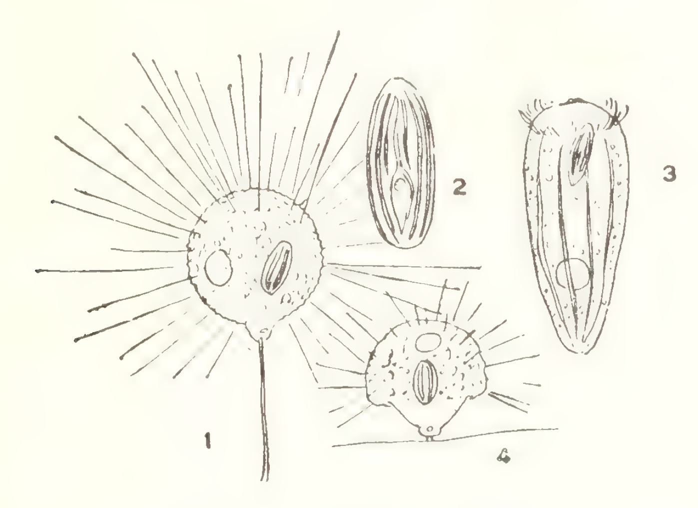


Fig. 44. — Podophrya palmigera.

La *Podophrya palmigera* était commune dans l'étang de l'Ariana, au mois de septembre 1918.

Podophrya comosa sp. n.

Corps subsphérique ou plus précisément pyriforme, fixé par son extrémité rétrécie sur un pédoncule très étroit, creux, jaunâtre, droit, 2 fois aussi long que le corps, et fortement élargi en cupule à son extrémité attenante au corps lui-même. Tentacules extraordinairement nombreux, constituant une véritable chevelure de filaments très minces, très longs et à tête terminale très petite, tout particulièrement mobiles, se rétractant en une spirale nettement accusée. Noyau grand, fusiforme, brillant, parcouru de fortes stries longitudinales. Vésicule contractile dans la moitié inférieure du corps.

Longueur 56 μ; longueur du pédoncule 105 μ.

Cette espèce est d'apparence très caractéristique. De taille légèrement supérieure à celle de la *Pod. palmigera*, elle est portée par un pédoncule plus long et plus grêle, un peu comprimé (à coupe transversale elliptique, fig. 3 *b*), légèrement jaunâtre, d'apparence chitineuse; le noyau, fusiforme, brillant, est strié dans sa longueur, comme dans l'espèce que nous venons d'étudier, et laisse voir dans son intérieur un espace vide, fusiforme également, sur l'un des côtés duquel est un centriole opalescent (fig. 4 *a*, et fig. 4 *b*, qui montre, vu suivant son grand axe, le noyau brillant); la vésicule contractile est très grande, dans la moitié inférieure du corps. Mais ce qu'il y a de plus curieux dans cette espèce, ce sont les tentacules: Très longs et très fins, terminés par une tête ronde très petite, se touchant les uns les

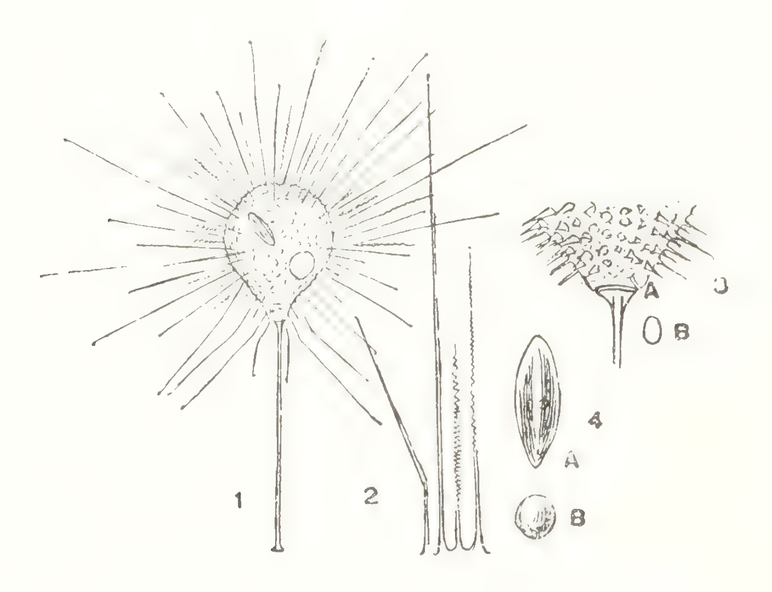


Fig. 45. — Podophrya comosa.

autres par leurs bases brusquement élargies (fig. 3), ils sont en nombre immense, 400 ou 500 peut-être, donc un chiffre infiniment supérieur à celui de 100 que l'on considère comme un maximum dans les Tentaculifères, et forment ensemble une véritable brosse, ; on les voit continuellement en mouvement, s'allongeant tout droit, ou se rétractant dans une spirale serrée (fig. 2); beaucoup semblent brisés net, en deux parties distinctes, mais ils se dresseront bientôt.

Je n'ai malheureusement pu examiner que trois individus se rapportant à cette espèce; ils étaient isolés parmi les *Podophrya soliformis* et *palmigera*, mais leur longue chevelure, à éléments fins et serrés, les en distinguait dès le premier coup d'œil.

Sphærophrya pusilla Clap. et Lachm. 1858-60.

Corps très petit, pâle, délicat, sphérique, entouré de tentacules en nombre très variable, extrêmement courts mais pourvus d'une tête ronde relativement très volumineuse. Il est fixé sur un pédoncule à peine distinct, égal tout au plus au quart du diamètre du corps, brillant, lisse, élargi à ses deux extrémités. Noyau central, sphérique, volumineux. Une vésicule contractile, en avant et sur le côté du corps.

Diamètre 17 μ.

A la page 1926 de son ouvrage classique (Protozoa, 1889), Bütschli fait suivre la diagnose relative au genre *Sphærophrya* de quelques remarques, dont nous extrayons les suivantes: « Unter den parasitischen Formen kann ich höchstens 2 Arten unterscheiden, von welchen eine die Stentoren, die andere, welche wohl mit der *Sph. pusilla* Clap. und L. identisch ist, alle übrigen umfasst »; et plus loin: « Jedenfalls ist es recht schwierig, die frei lebenden Sphaerophryen von ungestielten Podophryen zu unterscheiden; es bedarf weiterer Forschungen, um diesen Punkt und damit die Gattung überhaupt ganz sicher zu stellen ».

D'autre part, Collin (1914, p. 401) donne pour le genre *Sphærophrya* les indications suivantes: Faiblement caractérisé par rapport au précédent *(Podophrya)* par l'absence de pédoncule, ce genre comprend un nombre d'espèces décrites assez considérable, mais peu de formes bien définies et suffisamment certaines. Les unes vivent librement, d'autres sont parasites ». Comme formes parasites, Collin indique alors 2 espèces, *Sph. sol.* Mecznikow *(S. paramæciorum* Maupas, *S. urostylæ* Maupas, *S. stylonychiæ* S. Kent), et *Sph. stentoris* Maupas 1881. Quant à la *Sph. pusilla* de Clap. et Lachm., il l'inclut dans les formes libres; « le nom créé par ces auteurs, dit-il, l'a été pour une forme libre qu'ils ont vue s'attacher extérieurement aux Oxytriches, mais non pas pénétrer à leur intérieur ».

Ce doit bien être pourtant la *Sphærophrya pusilla* que j'ai rencontrée, à Pinchat en 1915 et plus tard en 1918, puis à l'Ariana, et toujours sur — ou aussi *dans* — la *Stylonychia mytilus;* car elle y était bien parasite, temporaire tout au moins.

Considérons-la tout d'abord en parasite, dans l'intérieur de la *Stylonychia:* C'est une petite boule, lisse, sans tentacules, pourvue d'une vésicule contractile, et dans laquelle le noyau n'est qu'une tache indistincte. La taille, très variable, peut être calculée à 50 μ au maximum. Cette boule se divise en 2, en 4, en 8, puis en un

nombre de segments bien plus considérable encore, car une *Stylonychia* isolée dans la soirée avec une seule sphère parasite peut se retrouver le lendemain matin infectée par 100 embryons au moins.

Ces embryons, tout ronds, sans vésicule contractile et sans tentacules, sont alors renfermés tous ensemble dans un vaste sac, allongé (fig. 1), pourvu suivant toute apparence d'une paroi propre, que la *Stylonychia* a sécrétée pour s'isoler de l'ennemi. Mais bientôt ces embryons s'allongent, prennent une ceinture de cils, et commencent à s'agiter, pour courir enfin sans trève ni repos dans le sac, et chercher à en sortir. Pendant longtemps, la lutte est sans succès, mais enfin une déchirure se produit, sur la face ventrale de la *Stylonychia,* et les petites larves s'échappent.

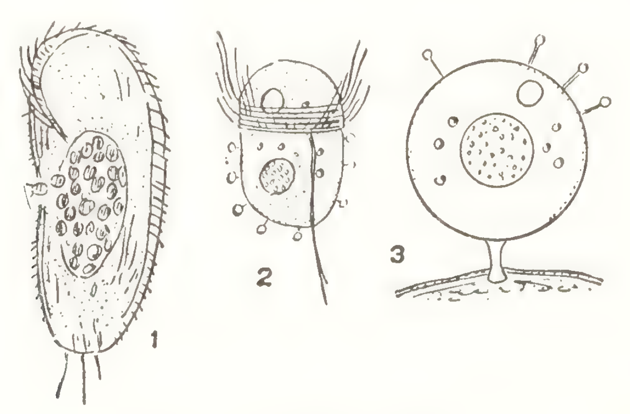


Fig. 46. — Sphærophrya pusilla.

La fig. 2 représente une de ces larves, autrement dit, l'état mobile de la *Sphærophrya pusilla;* c'est un petit être de 17 μ environ de longueur, ovoïde ou plutôt cylindroïde, trapu, muni dans sa partie antérieure d'une large ceinture de cils, très longs, disposés en rangées serrées (au moins 6, et peut-être plus); de la dernière rangée partent deux ou trois cils spéciaux, beaucoup plus longs que les autres, qui vont ensemble traîner en arrière pendant la marche*;* la vésicule contractile est antéro-latérale; le noyau se voit en arrière de la ceinture; dans le cytoplasme on trouve toujours quelques grosses sphérules brillantes; des tentacules, enfin, se montrent dès le premier instant, si courts que leur tête arrondie, très grosse, en paraît sessile: la plupart sont en arrière et sur les côtés, mais quelques-uns peuvent se montrer dans la partie antérieure du corps.

Que deviennent ces petits embryons? Si je ne m'en tenais qu'à mes observations de 1918, dont les résultats ont été jusqu'ici seuls en cause, il me faudrait garder sur le sujet un silence presque absolu ; en effet, ces observations ont porté cette année-là sur des individus isolés en lamelle évidée, soit seuls, soit avec leur *Stylo-*

nychia, et dans leur prison liquide ils ne se fixèrent pas ; je les vis courir, alors, toujours les mêmes, cherchant en vain où se poser, pendant 2, 3 et même 4 *jours*, sans paraître du reste particulièrement souffrir. D'où prenaient-ils leur nourriture, tandis que tout près, la *Stylonychia*, vivante encore, et libérée de tous ses parasites, mourait peu à peu d'inanition ?

Mais en 1915, j'avais déjà fait quelques observations sur cette même espèce ; j'avais trouvé plusieurs individus immobiles, pourvus de tentacules rayonnants, peu nombreux et très courts ; et ces petits Acinètes se divisaient à la manière des *Podophrya*, avec ceinture ciliaire pour le nouvel individu. Sur les restes encore vivants d'une *Stylonychia* malade, j'en avais trouvé 6, avec ou sans tentacules, sessiles à première apparence, mais en réalité fixés soit par un tout petit bouton, soit par un prolongement très court, mais déjà véritable pédoncule.

La fig. 3 représente quelque chose d'un peu différent ; à première vue, il ne semblait pas qu'il y eût là notre *Sphærophrya*. C'était une petite boule, lisse, un peu plus grosse que les embryons qui couraient tout autour, attachée à la face ventrale d'une *Stylonychia* (captive en lamelle évidée et malade déjà) par un prolongement court, brillant, plein, un peu élargi à sa base et aussi à son sommet, et qui pénétrait jusque dans le plasma de l'hôte, sous la pellicule perforée ; la boule était parfaitement lisse, sans trace de tentacules ; dans le plasma très clair et très pur, on voyait un grand noyau central, puis, plus haut, une vésicule contractile.

Ce premier examen avait eu lieu à 7 heures du matin ; à 9 h., quelques petits tentacules avaient poussé (fig. 3) ; cependant, la *Stylonychia* ayant été quelque peu malmenée, fit explosion, éclata en mille fragments, à l'un desquels la *Sphærophrya* resta pourtant attenante ; mais alors, au lieu de pousser des tentacules en nombre toujours plus grand, tout au contraire, elle retira ceux qu'elle avait déjà, s'entoura d'une ceinture ciliaire, lutta pour se détacher de la tigelle, et, l'abandonnant derrière elle, partit comme une flèche, sous la forme de ces larves ciliées dont il vient d'être question plus haut.

La *Sphærophrya pusilla* peut donc se former une tige, rudimentaire si l'on veut, mais une tige, et peut-être, là aussi, n'y a-t-il qu'une *Podophrya*, dans laquelle cette tige resterait à un état pour ainsi dire embryonnaire ; dans l'exemple cité, elle était molle encore lors du départ de l'individu cilié, et pendant les efforts que ce dernier faisait pour se dégager, je la vis s'étirer, s'allonger quelque peu.

Sphærophrya doliolum sp. n.

Corps sphérique ou sacciforme à l'état de parasite, pourvu d'un noyau central, sphérique, volumineux ; près de ce dernier, un micronoyau bien distinct. Vési-

cule contractile unique, sur l'un des côtés. La sphère incluse dans le corps de l'hôte se divise ou bourgeonne rapidement, pour produire de petits groupes d'individus serrés les uns contre les autres. A l'état errant, l'animal revêt la forme d'un tonneau, et porte 3 sillons annulaires, très espacés, couverts de cils longs et peu serrés; au pôle postérieur, une couronne de tentacules courts et très larges, non capités.

Diamètre à l'état globuleux 27 à 33 μ.

Nous avons vu que BÜTSCHLI ne reconnaissait comme certaines que deux *Sphærophrya* parasites; l'une d'elles est la *Sph. pusilla*, l'autre, qu'il ne nomme pas, doit être cet « Embryon de *Stentor* » que STEIN a décrit et figuré en 1867, et pour lequel MAUPAS, sans l'avoir trouvé lui-même, a créé le nom de *Sphærophrya stentoris*.

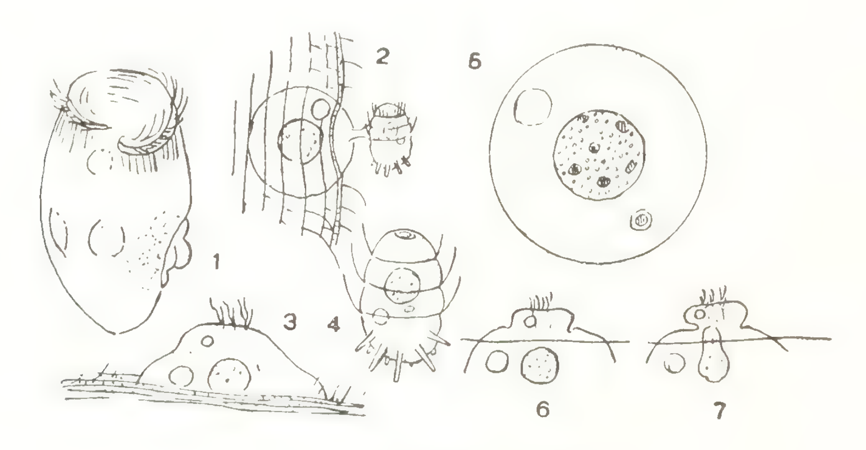


Fig. 47. — Sphærophrya doliolum.

C'est bien tout d'abord comme *Sph. stentoris* que j'avais considéré un Tentaculifère qui provoquait en avril 1915 une véritable épidémie parmi les *Stentor niger* de Pinchat[1]; mais plus tard, après avoir consulté la littérature relative au sujet, avoir constaté que STEIN indique et figure une couronne de cils longs et fins n'intéressant que le pôle antérieur, et avoir trouvé moi-même dans le *Stentor polymorphus*, à Rouelbeau, une *Sphærophrya* dont l'embryon différait en effet de celui de Pinchat par sa ceinture ciliaire unique, j'ai dû reconnaître qu'il y avait là quelque chose de nouveau. Peut-être bien faudrait-il au moins rapprocher l'espèce actuelle de cet « embryon » trouvé par STEIN dans le *Stentor cœruleus*,

[1] En juin 1917, ce même *Stentor* y était tout aussi abondant, mais sans aucun parasite.

pourvu de deux lignes de cils, mais pour que ce fût le même, il faudrait admettre que STEIN a mal vu, car ici, les lignes ciliaires, très nettes, sont au nombre de trois, et disposées d'une manière toute particulière, à une très grande distance les unes des autres, comme les cercles d'un tonneau.

La *Sphærophrya doliolum*, ainsi pouvons-nous l'appeler, était très abondante à Pinchat, et se montrait uniquement dans le *Stentor niger*, tantôt entièrement incluse dans l'intérieur de ce dernier, et alors sous forme de boule, tantôt faisant hernie à l'extérieur par une déchirure de la cuticule; cela surtout dans les cas très nombreux où la *Sphærophrya* formait une sorte de colonie, un groupe compact de sphères soudées les unes aux autres, et résultant suivant toute apparence d'une prolification d'un seul individu primitif (fig. 1).

Ces boules (fig. 5), de 25 à 33μ de diamètre en général, claires, légèrement opalescentes, renfermaient un noyau central, volumineux, sphérique, rempli de petits grains entre lesquels étaient disséminés des nucléoles plus gros, d'un bleu pâle, que le carmin colorait plus vite que le reste. A quelque distance se voyait un micronucléus, bleuâtre, pourvu d'une membrane distincte dont la masse centrale était séparée par un espace clair. Une vésicule contractile fonctionnait paresseusement.

Sur beaucoup de ces boules, on pouvait suivre le cours du bourgeonnement; c'était d'abord une simple convexité, sur laquelle apparaissaient quelques cils, disposés sur 3 rangées; tout près, une petite vésicule fonctionnait déjà (fig. 3); peu à peu cette convexité se creusait sur les bords d'une gouttière toujours plus profonde, et l'embryon se montrait tel, par exemple, que dans la fig. 6, dessiné à 2 h. 50 de l'après-midi. Suivons plus loin ce même individu: à 2 h. 55, c'était la fig. 7, peu changée dans son apparence générale, mais le noyau s'était allongé et pénétrait dans l'embryon; à 3 h. 35, les deux noyaux étaient complètement séparés, ramassés chacun en une sphère, et l'embryon, parfait dans sa forme, n'était plus lié au parent que par un pont; le jeune animal était pour ainsi dire couché, son axe longitudinal faisant un angle droit avec celui du parent. Tout d'un coup les cils jusque là paresseux redoublèrent d'activité, et le petit être se décrocha, partit comme un obus, droit devant lui, les cils en avant, et traînant en arrière toute une couronne de tentacules, qui s'étaient formés dès avant sa libération (fig. 2).

Sous cette forme mobile, la *Sphærophrya* (fig. 4), de 18 à 22 μ de longueur, est ovoïde, deux fois aussi longue que large, et porte trois sillons annulaires, très espacés, le premier se trouvant non loin de l'extrémité antérieure, le second un peu en avant du milieu du corps, le troisième en arrière de la ligne médiane; ces trois sillons, bien visibles, portent chacun des cils longs mais peu serrés.

Au pôle antérieur, on trouve un petit disque bleuâtre, bien net, formant parfois une saillie plus ou moins considérable, mais qui s'affaissera plus tard; c'est là le bouton adhésif glutineux qui fixera l'animal.

Autour du pôle postérieur se voit une couronne de tentacules, très courts, très larges, légèrement coniques; non capités, tronqués à angle droit à leur sommet, un peu comme ceux du *Dendrocometes*.

Mentionnons enfin un gros noyau central, une vésicule contractile, active, un peu en arrière ou à mi-hauteur du corps.

Cet embryon cilié, que devient-il? Il court, et se fixe, sans doute, sur un nouveau *Stentor*, pénètre vraisemblablement dans son intérieur, et se gorge par osmose de sucs nutritifs; mais il ne m'a pas été possible de surprendre le phénomène sur le fait.

Sphærophrya natans sp. n.



Fig. 48. — Sphœrophrya natans.

Corps très clair et délicat, sans forme précise, bosselé ou creusé de dépressions plus ou moins profondes, pourvu de quelques rares tentacules très fins, capités, et pouvant atteindre une longueur considérable, de 6 à 10 fois le diamètre de l'animal. Noyau sphérique, volumineux. Deux vésicules contractiles, l'une dans la partie antérieure, l'autre dans la partie postérieure du corps.

Diamètre 25 μ.

En l'absence de toute indication sur la structure de l'embryon dans ce petit Tentaculifère, ce n'est qu'à titre tout à fait provisoire que je l'indique comme *Sphærophrya*; et si j'ajoute que deux représentants de l'espèce ont été seuls trouvés, il semble qu'il eût mieux valu le laisser ignoré; mais après avoir vainement cherché à le revoir, je me suis résolu à lui consacrer quelques lignes; tel qu'il est, on l'identifiera toujours avec facilité, et de plus sa nature essentiellement pélagique le rend intéressant. Il est pélagique, en effet, et peut-être est-ce pour des raisons hydrostatiques que les tentacules — très peu nombreux, à petite tête ronde — sont si fins et si longuement déployés. Le corps est sans forme précise, ramassé sur lui-même, très lentement déformable; et dans l'exemplaire particulièrement étu-

dié, il se montrait creusé d'une profonde cavité, d'un puits, qui disparut plus tard. Un noyau rond, très net, volumineux, à gros grain, est à peu près central; une vésicule contractile fonctionne activement, à la partie antérieure du corps; une autre, plus petite, s'est montrée près du noyau; mais je ne l'ai pas vue fonctionner.

C'est dans l'eau du Léman qu'ont été trouvés ces deux individus, ou plutôt, dans les conduites de la ville de Genève, qui vont prendre leur eau en plein lac; probablement les pêches pélagiques l'auraient-elles fait récolter à cette époque (25 juin 1918) en nombre assez considérable. Il est fâcheux que je n'aie pas pu les exécuter.

Metacineta mystacina EHRENBERG. Cothurnia mystacina EHRENBERG 1831. Metacineta mystacina, var. brevipes SAND.

Logette incolore ou légèrement jaunâtre, d'apparence vasiforme ou trapézoïdale suivant l'orientation, un peu plus longue que large, tronquée obliquement en avant puis s'allongeant en une double pointe antérieure; face apicale divisée par des invaginations de l'enveloppe en 5 et plus souvent 6 valves que séparent d'étroites fissures. La partie postérieure de cette logette s'étire en un pédoncule cylindro-conique, qui se termine en une petite plaque fixatrice. Le corps, ovoïde ou quelque peu élargi, est suspendu dans la logette, dont il occupe à peine la moitié. Tentacules longs, capités, se faisant jour au dehors par les fissures de la face apicale. Noyau ovoïde ou sphérique, avec un micronoyau adjacent. Vésicule contractile unique, dans la partie antérieure du corps.

Longueur totale, y compris la tige, 50 à 52 μ. Largeur 28 μ.

« Je ne connais de cette espèce unique, éminemment variable, à la fois marine et d'eau douce, que la forme courte et trapue (var. *brevipes* SAND), que j'ai trouvée sur les conferves et les plantes aquatiques en diverses localités. J'ai toujours vu six fentes réunies en étoile au centre, telles que les figure STEIN (1854), donc six *valves* triangulaires, dressées ou rabattues, au sommet de la coque ». Tels sont les termes dans lesquels s'exprime COLLIN (p. 410) au sujet de la *Metacineta mystacina*, et presque à la même époque, dans une communication particulière, il me disait: « On trouve chez *M. mystacina* toute la gamme des transitions depuis la forme *longipes* de LIEBERKÜHN, BÜTSCHLI, etc., à celle très « *brevipes* » rencontrée par vous à Châtel ».

Est-il bien sûr, cependant, que cette extrême variabilité soit seule en cause, et qu'il ne se soit pas détaché d'un type primitif des formes spéciales, aujourd'hui fixées, et qui mériteraient d'être considérées à part? Les *Metacineta alata, acuminata, stagnatilis, flexilis* de STOKES, *angularis* et *flos* de MASKELL, n'étaient-elles pas autre chose que des formes éphémères de la variabilité? COLLIN lui-même n'a trouvé que la variété *brevipes*, et moi-même, après avoir récolté incidemment, il y a 20 ans déjà — et alors que seuls les Rhizopodes m'occupaient — la var. *longipes* et rien d'autre, pourquoi dans ces 6 dernières années n'ai-je revu que la var. *brevipes?* Pourquoi, dans les Sphagnum de Châtel-S[t]-Denis, en 1912, cette espèce se trouvait-elle uniquement représentée par une forme très petite, très élégante, si bien « *brevipes* » qu'elle était devenue sessile, et à 5 fentes en étoile?

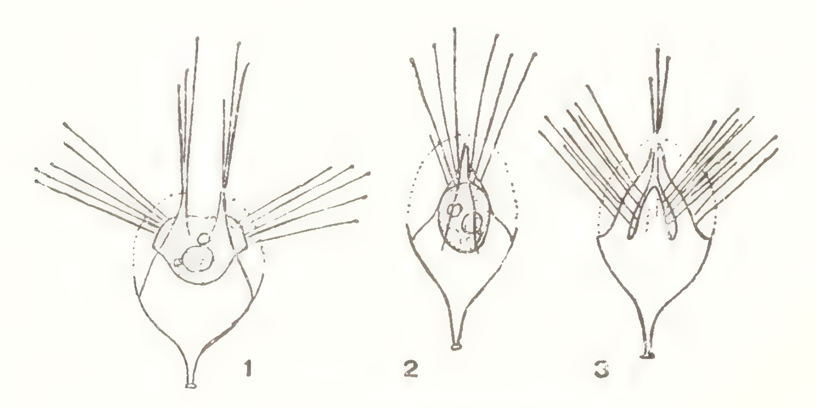


Fig. 49. — Metacineta mystacina.

Pour ces raisons, ce n'est pas sans quelques réserves que je traiterai comme d'une *Metacineta mystacina* pure et simple cette variété *brevipes* dont j'ai fait l'étude à Florissant et qui correspond, semble-t-il, tout juste à la *Metacineta acuminata* de STOKES.

L'auteur américain, il faut le dire, a quelque peine à rendre claire la structure de l'enveloppe: « The anterior borders on each side separated by a slit-like aperture, and the front wall bearing two narrow, anteriorly converging fissures for the passage of the tentacles... the lateral angles sometimes produced, sometimes rounded; and occasionally one will be rounded and the other slightly produced... »

La diagnose de KENT est plus simple: « Lorica urceolate, subdivided at the anterior or distal margin into five or six acuminate, triangular, valve-like lobes, which are bent inwards and cover the aperture in a lid-like manner »; et si nous prenons BÜTSCHLI, SAND, BLOCHMANN, DELAGE et tant d'autres encore, nous trouverons la même diagnose, simplifiée et très claire en apparence, mais inexacte en réalité.

STOKES a eu le mérite de ne pas s'en tenir à une première observation, et de chercher à expliquer la structure en réalité très compliquée de la logette ; il n'a pas trop bien réussi, parce qu'il n'avait pas très bien compris. Mes observations, je me hâte de le dire, restent bien insuffisantes encore, mais pourtant, elles me paraissent de nature à jeter quelque jour sur la question ; et peut-être une comparaison quelque peu triviale aidera-t-elle à la compréhension :

Si nous nous en rapportons aux données habituelles, nous pouvons comparer la logette à un sac de papier, dont on aurait entaillé profondément le bord avec des ciseaux, pour obtenir en définitive une couronne à six larges dents ; et ces dents, rabattues à l'intérieur et se regardant alors par leurs pointes, laisseraient entre elles six fentes en étoile.

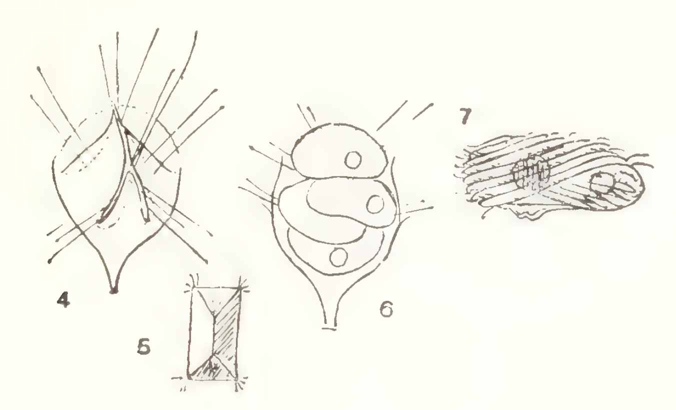


Fig. 50 — Metacineta mystacina.

En réalité, il en est autrement ; le rebord n'est pas découpé à son ouverture, mais simplement plissé en dedans ; et toute la structure de la *Metacineta* pourrait être comparée à celle d'un sac, d'une souplesse, d'une plasticité extraordinaires dans sa partie supérieure, et qu'une main très habile aurait d'abord un peu comprimé sur deux côtés opposés, pour replier ensuite en dedans le rebord tout entier, en disposant si délicatement les replis qu'il en résulte des « valves » séparées par de profondes fissures ; en même temps, les valves ne seraient pas égales (par le fait que la coupe transversale de l'enveloppe est ellipsoïdale) ; on en trouverait deux petites, triangulaires, et deux grandes, trapézoïdales, mais cependant, il y aurait six faisceaux de tentacules, deux d'entre eux plus élevés que les autres, et la figure schématique 5 pourrait en indiquer la cause : on y reconnait, vu d'en haut, à peu près le toit d'une maison, avec, à tous les points de jonction des lignes du toit, un faisceau de baguettes, soit 4 faisceaux aux angles latéraux et 2 au faîte.

Cet essai d'explication n'est certainement pas juste encore, mais il se rapproche de la réalité, tout au moins pour cette variété *(M. acuminata* de STOKES) sur

laquelle a porté mon étude ; il donne en tous cas une idée de l'extrême complication des replis, et si l'on ajoute que la pellicule d'enveloppe est si délicate qu'elle est sujette aux modifications temporaires les plus inattendues, on pourra comprendre pourquoi les individus, soit comparés les uns aux autres, soit orientés dans différentes directions, présentent des apparences si déconcertantes. Les fig. 1, 2 et 3, par exemple, ont été prises sur le même individu ; dans la fig. 4, nous en avons un autre, vu de trois quarts et d'en haut, et sous un aspect très fréquent ; dans cette figure, les lignes pointillées indiquent les bords vrais des valves invaginées, tels qu'on les trouve en abaissant peu à peu l'objectif ; ces bords mêmes sont quelque peu mobiles, et d'un instant à l'autre on les verra changer ; quant à la longue fente médiane, — le faite du toit dont il a été question plus haut, — elle paraît être libre, sans que la pellicule y ait éprouvé d'invagination.

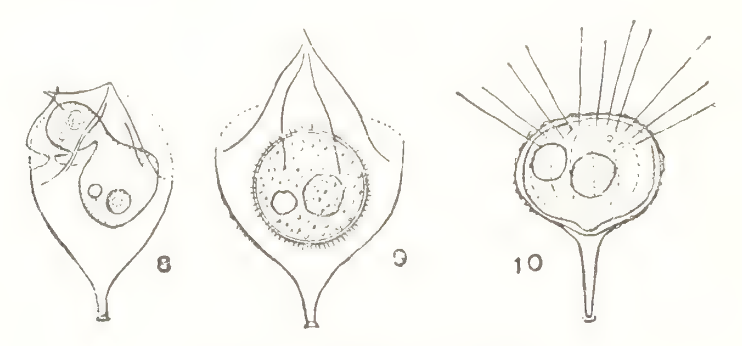


Fig. 51. — Metacineta mystacina.

Ajoutons que cette structure si compliquée est caractéristique de l'adulte ; l'individu tout jeune, et qui s'est fixé depuis peu, est d'une régularité parfaite, comme nous le verrons bientôt.

« La reproduction », dit COLLIN, « a lieu exclusivement par embryon externe formé à la face apicale du corps, puis s'échappant entre les valves, dès sa libération. La prétendue « scissiparité », avec sécrétion immédiate d'une loge, décrite autrefois par GRUBER (1879) et acceptée par SAND (1901), ne représente bien certainement que le développement anormal d'un embryon non libéré et aussi en partie les stades mis à rebours de la conjugaison totale ». De son côté, BÜTSCHLI (p. 1926) dit simplement « Vermehrung durch freie Knospung ; der Schwärmer anscheinend total bewimpert ». Ces appréciations demandent à être rectifiées, et nous allons revenir sur le sujet ; mais considérons tout d'abord la division : Je ne l'ai constatée que dans des cas assez rares, et toujours alors comme division égale, chacun des individus se couvrant de cils ; ils sortaient l'un après l'autre, sous la forme de cette larve (fig. 7) dont nous reparlerons bientôt. Plus souvent, j'ai rencontré, à l'intérieur

de logettes renflées, dilatées, soit un individu très gros, étranglé en son milieu, avec noyau allongé et en forme de 8, en cours de division; soit 3 individus et quelques heures après 4 (fig. 6) soit même jusqu'à 8 individus, serrés les uns contre les autres, distendant énormément l'enveloppe commune, déployant par toutes les fentes — disposées alors sans aucune symétrie — des faisceaux de tentacules, et complètement dépourvus de cils; mais je n'en ai pas vu partir un seul, et par exemple ce groupe de 4 masses bien distinctes, chacune avec sa vésicule contractile, que montre la fig. 6, est resté tel du 12 au 14 juillet, avec longs tentacules et plein de vie (ce jour-là, il m'a fallu l'abandonner).

Assez souvent, j'ai pu assister à la transformation totale en individu cilié, avec production d'une larve identique elle aussi à celle que représente la fig. 7.

Quant au bourgeonnement, je l'ai observé dans cinq ou six occasions différentes; une protubérance se montrait sur le corps plasmatique, grossissait, s'arrondissait, se séparait toujours plus du parent, et n'était plus unie à ce dernier que par un pont (fig. 8); finalement le pont se coupait et l'embryon, dépourvu de toute trace de cils, allait se loger dans une poche toute prête pour le recevoir; cette poche, ou plutôt cette nouvelle enveloppe, qui n'était autre qu'une portion de l'enveloppe si fine et si plastique de la mère, s'organisait autour du jeune individu, lequel restait fixé sur le parent comme il l'eût été sur tout autre corps étranger.

C'est ici qu'il nous faut rappeler certains phénomènes sur lesquels GRUBER a le premier attiré l'attention, mais dont COLLIN a donné une explication différente de l'auteur allemand. « Un curieux *bourgeonnement apical* d'un adulte par un autre, avec sécrétion immédiate de la loge du bourgeon, aurait lieu selon Gruber (1879) chez *Metacineta mystacina* et aussi d'après SAND (1901) chez *Paracineta divisa* et chez *P. livadiana*. Aucun de ces trois exemples (hâtons-nous de l'ajouter) n'a pu être suivi en entier sur le vif et SAND, en particulier, *n'a jamais assisté à la séparation de l'individu jeune*. Le fait s'explique fort aisément, car il s'agit ici sans doute... d'un *bourgeonnement abortif*, au cours duquel l'embryon, ne parvenant pas à se libérer, se développe sur place en adulte ».

Sans exprimer moi-même d'opinion sur la signification du phénomène en tant que normal ou anormal, j'attirerai l'attention sur les conclusions différentes auxquelles arrivent les observateurs. STEIN parle d'embryons ciliés, qui resteraient à l'intérieur de l'enveloppe maternelle; GRUBER, semble-t-il, a vu des bourgeons apicaux secrétant eux-mêmes leur logette; et moi-même, j'ai assisté à des phénomènes de bourgeonnement avec remaniement de l'enveloppe maternelle, qui fournirait elle-même l'enveloppe du jeune individu.

Dans la fig. 9, nous avons un kyste, le seul que j'aie observé; la logette, poin-

tue, paraissait fermée par le haut, avec valves appliquées les unes contre les autres; le kyste, sphérique, montrait une enveloppe externe, grisâtre, couverte d'aiguillons courts et acérés; plus à l'intérieur, il semblait y avoir une enveloppe interne très fine. Un gros noyau n'était que très peu distinct; une vésicule contractile fonctionnait encore, à intervalles très éloignés.

Quant à la fig. 10, elle concerne un individu « dégénéré ». Au commencement de novembre, en effet, et sans cause appréciable, beaucoup des *Metacineta* semblèrent passer à un état maladif; le pied disparaissait peu à peu (mais pas toujours, et la fig. 10 en est la preuve), le corps s'arrondissait en boule, sans qu'il restât trace des angles et des pointes caractéristiques, et des lignes méridiennes apparaissaient, perlées, percées de petits trous, par lesquels sortaient les tentacules, dans

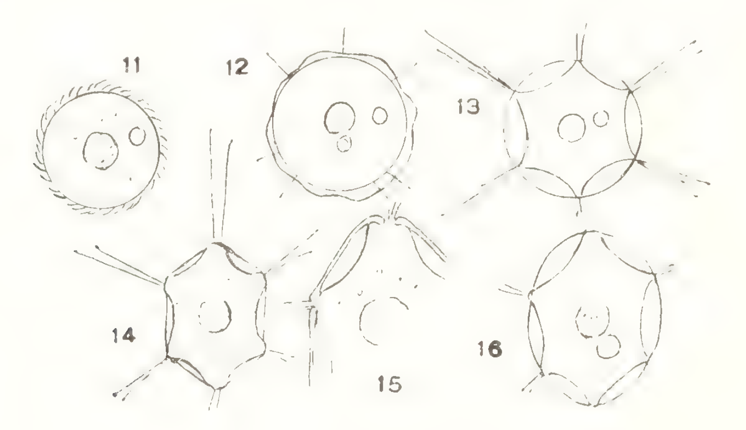


Fig. 52. — Metacineta mystacina.

la partie antérieure de la sphère. C'était là un Tentaculifère, nettement caractérisé, et dans lequel il était bien certainement impossible de reconnaître la *Metacineta mystacina*, mais toute une série de passages fut peu à peu constatée et mes observations ne me laissèrent aucun doute; c'était une transformation graduelle de l'enveloppe anguleuse en une capsule sphérique, ou si l'on veut, de la forme normale en une autre toute différente, sur laquelle il ne m'a pas été possible d'avoir des renseignements ultérieurs. Peut-être y fallait-il voir un phénomène précurseur d'un enkystement.

Considérons maintenant l'embryon cilié: à l'origine, et dans le cours de la division, il semble bien que les rangées de cils, très nombreuses, forment une ceinture régulière, mais plus tard une torsion se produit, en même temps qu'un allongement de la larve; et cette dernière revêt alors une forme assez particulière (fig. 7): elle est allongée, convexe sur le dos, légèrement déprimée sur une face qu'on peut appeler ventrale, et qui montre en son centre une sorte d'ombilic, et les stries ciliai-

res, contournées, un peu tordues, y dessinent sur les côtés des séries de lignes diagonales, qui, grâce à la transparence de la petite larve semblent se croiser entre elles.

J'ai pu suivre en plusieurs occasions les premières phases au moins de la formation de la logette; l'observation en est des plus intéressantes, et COLLIN, qui les a étudiées également, n'exagère en rien quand il en parle comme d'une « métamorphose féerique », qui transforme dans l'espace de *trois* minutes une larve ciliée en un individu fixé, dressé sur sa tige, et à logette bien reconnaissable déjà. Mes observations confirment pleinement celles de COLLIN, mais tandis que cet observateur a vu ces phénomènes se dérouler sur un individu examiné par le côté, je les ai suivis d'en haut, sur des larves qui venaient de se fixer sur le porte-objet (ou aussi d'en bas, sur des exemplaires attachés à la paroi inférieure du cover).

Voici quelle est alors la marche des événements: la larve ciliée s'abat d'un coup, s'arrondit (fig. 11), les cils cessent de battre et semblent s'émietter en poussières; en même temps l'embryon s'étale et l'on voit apparaitre dans une région centrale un petit grain brillant, qui grossit, et s'entoure d'un halo dont le bord va peu à peu rejoindre — à vue d'œil — le disque ciliaire resté bien arrondi; ce grain, c'est le pied; ce halo, c'est le mucilage qui se dépose et durcit immédiatement en une pellicule d'enveloppe; et il a suffi d'une seule minute pour que cette pellicule ait rejoint le bord du disque primitif, et que de petits tentacules, radiaires, se soient déjà formés (fig. 12). Tout d'un coup, cependant, le plasma se rétracte, quitte les bords de l'enveloppe discoïde, sauf en six points différents sur lesquels il y reste attaché (fig. 13), et déjà on y voit six faisceaux de tentacules; enfin, presque en même temps, l'enveloppe s'étend à ses deux pôles pour se rétrécir sur les côtés; elle prend un aspect hexagonal-allongé (fig. 14 et 15, portion plus grossie) qui perdra cependant bientôt sa belle régularité (fig. 16); (l'allongement n'est pas nécessaire; quelquefois, le contour reste exactement hexagonal et restera tel pendant des jours entiers). Toute cette transformation, reproduite par la fig. 11 à 16, n'a pris que *quatre* minutes de temps, mais plus tard, les événements marcheront beaucoup plus lentement. Ajoutons que tout en se développant en largeur, le petit être croissait en hauteur, et que si nous pouvions voir de côté l'individu représenté par la fig. 16, nous lui trouverions déjà la forme d'une coupe, à peu près deux fois aussi longue que large, telle que COLLIN l'a représentée à la p. 186 de son grand ouvrage.

A partir de ce moment, mes observations ne m'ont rien montré de précis; sans doute, une déformation doit se produire, les deux pointes polaires, vraisemblablement, s'allongeront plus que les autres en hauteur, et en même temps se rapprocheront du centre; mais c'est ce que je n'ai pas pu voir, et cela pour deux

raisons : d'abord parce que, l'œil plongeant d'en haut (ou d'en bas) dans l'axe de l'animal, a peine à se rendre compte des changements produits en hauteur, ensuite parce que dans aucun des cas observés la construction de la logette n'est arrivée à son terme ; les individus, emprisonnés sur lamelle évidée, fixés presque toujours sous le couvre-objet, et laissés à jeun, éprouvaient un arrêt de développement et j'en ai conservé qui après trois jours, bien portants en apparence, se montraient tels encore qu'ils l'étaient devenus après les cinq premières minutes de leur existence. Dans beaucoup d'entre eux, cependant, on remarquait un fait nouveau, et assez significatif : de chacun des faisceaux de tentacules, lesquels ne dépassaient guère en longueur le diamètre du corps, il s'en dégageait un, un seul, que l'œil pouvait suivre jusqu'à une distance extraordinaire (maximum observé 240 μ, pour 23 μ de diamètre de l'animal), d'une finesse extrême, et terminé par un petit bouton brillant. On aurait pu croire que l'animal cherchait par là à étendre aussi loin que possible le rayon de son activité ; mais il faut aussi faire la part de l'immobilité complète ; tous ces individus étaient restés 24 heures et plus sous le couvre-objet, sans être aucunement inquiétés.

Toutes ces observations ont été faites à Florissant, dans l'été de 1918 ; les individus y étaient extrêmement nombreux, presque toujours attachés aux filaments d'une *Spirogyra*. Très voraces, ils se nourrissaient presque exclusivement du *Strobilidium gyrans*, souvent bien plus gros qu'eux-mêmes, et vidaient leur proie tout entière en une demi-heure. Dans les tentacules fortement élargis, on voyait courir les petits grains nutritifs, qui, arrivés au niveau du corps, subissaient un temps de retard, comme arrêtés par une constriction du tube, puis se précipitaient dans le cytoplasme. Quant au *Strobilidium*, brusquement immobilisé dès le premier contact, il se transformait peu à peu en un sac d'autant plus gonflé qu'il perdait plus de son contenu, mais la vésicule contractile continuait à battre faiblement, même quelque temps après la mort.

Après incorporation d'une proie si volumineuse, la *Metacineta*, énormément grossie, distendait son enveloppe, et c'est alors surtout que je l'ai vue se diviser.

Urnula epistylidis Clap. et Lachm. 1858-60.

Logette urcéolée ou pyriforme-conique, large, tronquée en avant et à bordure antérieure se repliant en dedans pour ne laisser à la face apicale qu'une fente plus ou moins étroite. A sa pointe inférieure cette logette s'étire en un pied très court, creux, dirigé obliquement vers le point de fixation, et reposant sur un petit disque adhésif. Le corps, arrondi, est suspendu dans la logette dont il occupe la plus grande partie ; sur l'un des côtés de la face apicale prennent naissance de 1 à 4 ten-

tacules grisâtres, cendrés, pleins, non capités, souvent renflés en massue vers leur extrémité antérieure, très mobiles, se rétractant, s'allongeant et ondulant continuellement. Noyau sphérique, central. Vésicule contractile unique, dans la partie postérieure du corps.

Longueur de la logette 24 à 30 μ.

« Les *Urnula* n'avaient été trouvées, ou au moins reconnues, par les anciens auteurs que sur le style des colonies d'*Epistylis*... Des travaux plus récents ont fait connaître la présence d'*Urnula* (très probablement identiques comme espèce à *U.*

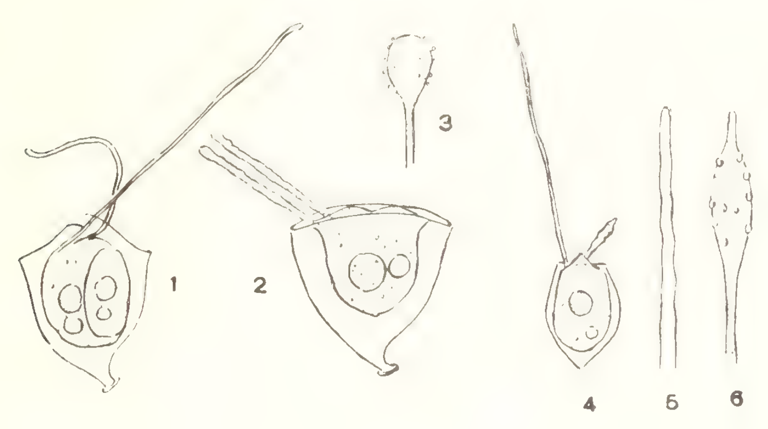


Fig. 53. — Urnula epistylidis.

epistylidis) vivant en ecto-parasites ou ecto-commensaux sur d'autres Acinètes : *Dendrosoma radians*, *Metacineta mystacina*, peut-être aussi *Tokophrya quadripartita?* » Tels sont les termes dans lesquels COLLIN s'exprime au sujet de cette espèce, qu'il semble d'ailleurs n'avoir pas observée personnellement. Pour ce qui me concerne, c'est sur *Trichophrya epistylidis* que je l'ai trouvée, à Pinchat, au printemps de 1918, et jamais sur les *Epistylis* qui étaient pourtant abondants. Ajoutons à titre de curiosité que la *Trichophrya*, malgré son nom spécifique, se montrait elle-même toujours libre, fixée indifféremment à tout au monde, tout sauf l'*Epistylis!*

La forme de la logette, telle au moins que je la connais (d'après CLAP. et LACHM. comme d'après ENGELMANN in BÜTSCHLI, Protoz. pl. 77, fig. 2 *a* à *c*) n'a jamais été représentée d'une manière exacte. On la figure trop étroite, presque tubulaire, rétrécie et non pas élargie à son bord; en réalité sa forme est celle d'une clochette, ou plutôt, vue par sa face large, elle rappellerait la griffe d'un félin (fig. 1, 7); par sa face étroite, elle varie un peu d'aspect, simplement conique, ou elliptique-acuminée, suivant l'orientation (fig. 4).

A son bord libre, la paroi de la logette n'est pas simplement découpée, elle se réfléchit vers l'intérieur, et STEIN était dans le vrai quand il disait qu'« à l'origine, la paroi de la coque se rabat vers l'intérieur, se continue avec la pellicule du corps et tient celui-ci suspendu librement dans la capsule »; COLLIN, en citant ainsi le texte, ajoute: « Si ce dernier détail, dont les auteurs suivants (SAND 1901, HICKSON et WADSWORTH 1909) ne font plus aucune mention, était reconnu exact, on devrait en conclure que l'enveloppe d'URNULA est une « loge » et non une « coque ».

Ce détail est effectivement exact, comme il en résulte de mes observations, faites dans l'ignorance absolue des travaux de STEIN comme de ceux de HICKSON et WADSWORTH, que je n'ai connus que plus tard; mais la cupule ne m'a paru que rabattue vers l'intérieur, sur ses deux côtés larges, de manière à former deux replis ou lèvres minces, qui laissent entre eux une fissure, par où sortent les tentacules.

Ce sont ces tentacules qui ont le plus attiré l'attention des observateurs. CLAPARÈDE et LACHMANN, qui d'ailleurs ne reconnaissaient pas un Tentaculifère dans leur *Urnula*, les ont déjà fort bien décrits; ils les ont vus s'agiter, s'étendre, se retracter, y ont distingué les petits granules de surface « constamment en mouvement comme dans les pseudopodes des Rhizopodes; on les voit couler pour ainsi dire, tantôt dans un sens tantôt dans l'autre ». HICKSON et WADSWORTH ont examiné ces pseudopodes avec soin: « They are relatively very long and flexible », disent-ils, « moving actively with curious serpentine curves as if in search of food. They do not terminate in a sucker... When partly retracted or not fully extended they show a spiral marking, and terminate in a spindle-shaped, or sometimes bluntly club-shaped extremity ».

Mes recherches confirment absolument celles des auteurs anglais; mais sur quelques points spéciaux, j'aurais certains détails à ajouter.

Le plus souvent, un seul tentacule est en vue; ou bien, après un instant on en verra se former un second, puis un troisième, et jusqu'à quatre ou peut-être plus. Ils partent tous, non pas des côtés du corps et un peu en arrière de la face apicale, comme l'ont figuré CLAPARÈDE et LACHMANN, et non plus « from the distal surface or apex » comme le veulent HICKSON et WADSWORTH; mais d'une région spéciale, sur l'un seulement des côtés, où ils constituent, lorsqu'ils sont rétractés, une masse allongée, couchée sur la face apicale (fig. 7) sans se confondre avec cette face même; masse dans laquelle tous les tentacules sont — ou paraissent être — fondus en un seul magma. De ce point latéral, le tentacule s'allonge, jusqu'à atteindre 3 fois la longueur de l'animal; il est mou, plein, parfois d'une même épaisseur de la base au sommet (fig. 5), plus souvent terminé par un élargissement fusiforme, épais (fig. 6), sur lequel on voit des grumeaux, des grains pâles en saillie sur la surface. Cette partie antérieure et fusiforme du tentacule est très mobile, s'allonge et disparait en

tant que renflement spécial, puis se renfle de nouveau; elle peut agir seule, sans que le reste du tentacule participe au mouvement, et cette pointe spéciale, lorsqu'elle est à proximité de débris, semble les fouiller et y prendre quelque chose, à la manière de la langue d'un fourmilier.

Le tentacule tout entier peut également se ramasser sur lui-même, devenant plus épais et plus raboteux à mesure qu'il se rétracte (rarement en spirale) et finit par n'être qu'un moignon, lequel à son tour disparait complètement dans la masse générale, semble si bien se fusionner avec le magma dont il a été parlé plus haut, qu'il n'en reste plus aucune trace.

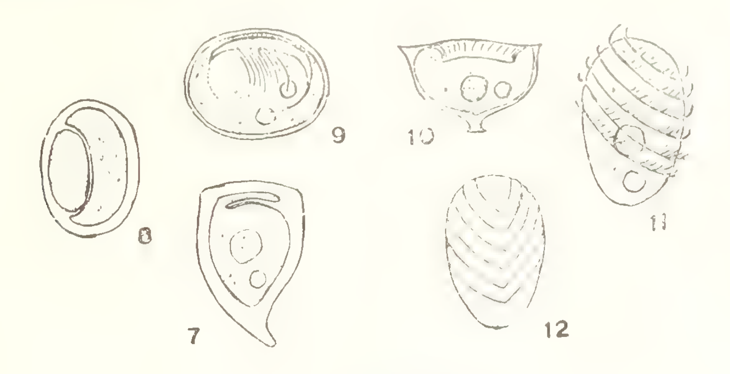


Fig. 54. — Urnula epistilidis.

Déployés, les tentacules se démènent comme les longs bras d'un poulpe, décrivant par exemple une demi-circonférence en une seconde de temps; ou bien, ils restent immobiles, recourbés vers leur hôte ou la « tête » plongée au milieu des débris. La fig. 3 en représente un qui, étalé sur un filament végétal en décomposition, s'y était positivement élargi en raquette, et s'y montrait couvert de granulations. Aucun observateur n'a jamais vu de canal axial, n'a constaté de circulation de grains à l'intérieur, et bien que mon attention ait été attirée tout spécialement sur ce point, je n'ai jamais rien découvert qui permît une assimilation avec un tentacule d'Acinétien; toujours la pointe est fermée, jamais on ne la voit s'ouvrir; et en définitive, mes observations m'ont conduit à formuler ma pensée en ces termes: Si nous ne connaissions rien des Tentaculifères ou si l'*Urnula epystilidis* était seule à représenter la classe tout entière, les traités de Zoologie pourraient bien donner sur cet organisme les renseignements suivants: « Ces Protozoaires agissent à la manière des Fourmiliers, plongent leurs tentacules dans les débris, et les retirent chargés de grains. » Tout cela serait faux... probablement; mais l'*Urnula* se nourrit fort bien, produit coup sur coup jusqu'à 8 embryons presque à moitié aussi gros qu'elle même, et reprend à chaque fois son volume; alors, comment?

Il nous reste à examiner les phénomènes de reproduction: d'après BÜTSCHLI, comme d'ailleurs d'après CLAPARÈDE et tous les anciens auteurs, elle se fait « durch freie Abschnürung einer ziemlich ansehnlichen, vorderen Knospe, welche total bewimpert sein soll » ; suivant HICKSON et WADSWORTH, l'individu se divise par fission oblique en deux parties, l'une généralement plus grande que l'autre. La plus petite se couvre de cils et devient holotriche, puis s'échappe; la plus grande reste, ou peut rester, dans la logette.

Ce serait là, en définitive, le mode de division des *Podophrya,* avec embryons *externes;* et cependant, je dois avouer que toutes mes observations semblent montrer autre chose, des embryons *internes,* formés à la manière de ceux par exemple des *Tokophrya.* Indubitablement, l'embryon se détache du parent, et reste libre dans la logette pendant un temps assez long; mais si l'on suit le phénomène dès ses débuts, et si l'on examine alors l'animal par la face apicale (fig. 9), on verra tout d'abord cet embryon inclus dans le cytoplasme, et dans une région latérale de ce dernier, et on lui reconnaîtra une large ceinture de cils. Plus tard, cette mince couche de substance maternelle, cette nappe fine qui l'a séparé longtemps du vide de la logette, se déchirera, se rabattra sur les côtés (fig. 8), et l'embryon sera libre; mais pendant un instant encore on le verra s'agiter près du parent, avant de s'élancer au dehors.

« L'embryon d'*Urnula Epistylidis* », dit COLLIN à la p. 149 de son Mémoire, « paraît avoir sa place à côté du précédent *(Metacineta mystacina),* par sa forme ovoïde et ses rangs de cils obliques qui couvriraient, dit-on, toute la surface du corps. HICKSON et WADSWORTH ont revu récemment cette espèce (1909), mais pour ce qui concerne la structure de l'embryon, ils s'en tiennent aux données antérieures de CLAPARÈDE et LACHMANN dont ils reproduisent les figures sans y rien ajouter. Elles sont malheureusement tout à fait insuffisantes ».

Mais l'embryon d'*Urnula* n'est pas holotriche: plutôt se rapprocherait-il de celui des *Tokophrya* (fig. 11); seulement, les lignes de cils, très nombreuses (7 ou 8 probablement), diagonales, lui donnent une apparence particulière; et de plus, au lieu de faire le tour de la larve en une courbe continue, elles se rejoignent sur l'une des faces (fig. 12) en faisant entre elles un angle plus ou moins fermé.

A l'époque de mes observations, où toutes ces *Urnula* se voyaient fixées, parfois au nombre de 5, 6, ou plus encore, sur les *Trichophrya* qui ne les molestaient d'ailleurs en aucune façon, les naissances se produisaient coup sur coup, et d'une seule *Urnula* j'ai vu sortir jusqu'à 8 embryons, mais, il est vrai, dans l'espace de 2 jours. Ces larves se fixaient après un instant très court, tout près de la mère ou d'une autre *Urnula,* et se construisaient, en 4 heures de temps, une logette complète; la fig. 10 représente un jeune individu qui pouvait être âgé d'une demi-heure, et dont

la coque, très basse et que l'animal moulait tout en grimpant, est arrivée à la moitié de sa hauteur normale; dès ce moment, il pouvait y avoir un tentacule, car j'ai vu d'autres individus, tout aussi jeunes, qui le possédaient déjà; mais tout d'abord, il n'y en a qu'un, qui peut être déjà très long.

Hickson et Wadsworth ont assisté aux toutes premières phases de la fixation, qui m'ont échappé, et y ont relevé un fait très intéressant, la production de deux ou trois *tentacules capités* très petits, mais dont l'existence n'était que de deux ou trois minutes, et qui disparaissaient plus tard. Le fait n'a rien d'anormal en lui-même; cette production temporaire de tentacules très petits et fugaces, tout autour des larves fixées, n'est pas très rare, et nous l'avons plusieurs fois constatée *(Dendrosoma radians,* etc.); mais dans l'*Urnula*, où les tentacules définitifs ne sont pas des tentacules vrais, au sens donné à ce mot dans les Acinètes en général, l'observation des auteurs anglais est d'un intérêt tout particulier.

Physaliella collini Penard 1920.

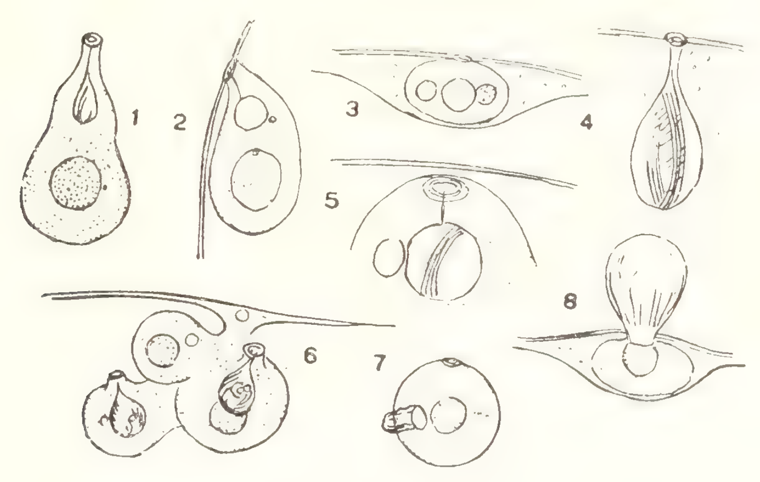


Fig. 55. — Physaliella collini.

Corps ovoïde ou plus souvent revêtant la forme d'une outre, dépourvu de tentacules mais étiré à son extrémité antérieure en un prolongement tubulaire très court qui perce l'enveloppe de l'hôte *(Callidina)* et s'étale au dehors. Cytoplasme très pur, homogène ou renfermant quelques petits grains brillants. Noyau sphérique, très volumineux. Pas de vésicule contractile, ou bien elle n'est que temporaire. Le corps produit, dans l'intérieur même de l'hôte, par bourgeonnements successifs, des agglomérations d'individus.

Longueur 30 à 50 μ. Parasite dans *Callidina socialis.*

Cette espèce a fait l'objet d'un mémoire spécial (PENARD 1920), auquel je ne puis que renvoyer ; mais il ne sera pas inutile de résumer ici en quelques lignes les caractères de ce Tentaculifère particulièrement curieux.

Il est curieux, en effet, et même étrange, par le fait qu'on y chercherait en vain, à aucune époque de son existence, la moindre trace de tentacule ; et les embryons seuls, dont les caractères sont nettement ceux des Acinétiens, peuvent nous faire reconnaître le groupe auquel nous devons rapporter l'animal.

C'est un parasite, un parasite interne, et qui ne se montre que dans la *Callidina socialis*, commensale elle-même de l'*Asellus aquaticus*. On l'y voit sous la forme de vésicules (fig. 1), plongées dans le parenchyme de l'hôte (fig. 3), et communiquant avec le dehors par un canal ou prolongement tubulaire (fig. 4), évasé et strié à son ouverture (fig. 10). Très souvent, on trouve le parasite en véritables colonies, où les individus dérivent les uns des autres par bourgeonnement, et vont chacun percer leur orifice particulier dans la paroi du Rotateur. Dans la fig. 11, par exemple, nous voyons (d'en haut) un bourgeon unique, soudé encore à la masse principale ; dans la fig. 12, c'en est un autre, relié au parent par un pont qui se rompra plus tard ; dans la fig. 6, trois individus sont réunis en un groupe compact.

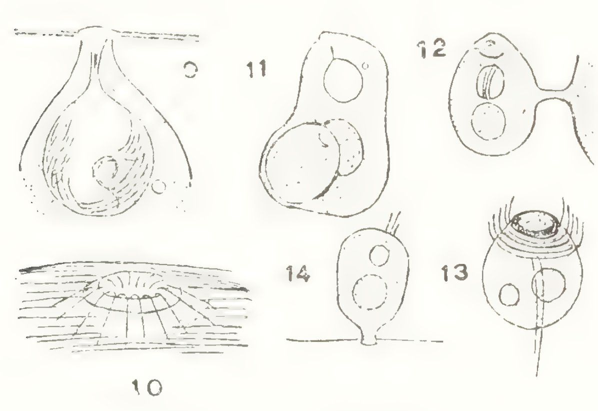


Fig. 56. — Physaliella collini.

Considérons de plus près l'individu solitaire (fig. 1). Dans un plasma très pur, nous trouvons un grand noyau sphérique, et tout près, un micronucléus, très pâle et rarement visible. Nous n'y voyons pas de vésicule contractile, aucune du moins qui soit normale pour l'individu ; mais très souvent, il en existe une, très petite, au voisinage d'un sac ou d'une cavité creusée dans le cytoplasme et reliée avec l'extérieur par le canal dont il a été question plus haut. Ce sac, c'est une cavité incubatrice, et la petite vésicule contractile — qui d'ailleurs fonctionne normalement mais à intervalles éloignés — n'est là, semble-t-il, que grâce à la présence de la cavité incubatrice elle-même.

Sur la paroi de cette cavité on voit se dessiner, toujours dans le sens longitudinal, deux stries annulaires, puis deux autres, et toutes se couvrent bientôt de cils (fig. 1, 4, 5, etc.). Plus tard apparaît dans la cavité même une protubérance, surmontée d'un gros bouton brillant (fig. 9) ; cette petite masse grandit, se renfle entre

les sillons, et bientôt les cils battent tout autour de la protubérance en longues ondulations. Enfin, c'est un embryon, qui s'échappe par l'ouverture tubulaire, en emportant avec lui la ceinture de cils.

Il a la forme d'un œuf de poule (fig. 13); en avant, on y voit un large disque bleuâtre, l'ancien bouton brillant; puis viennent quatre, ou peut-être cinq, lignes circulaires revêtues de longs cils, dont quelques-uns, se détachant des autres, semblent traîner en arrière. A l'intérieur, on trouve un gros noyau cendré, puis, en arrière, une vésicule contractile, bien normale cette fois, en rapport sans doute avec la vie libre que la larve va mener quelque temps.

Malheureusement, je n'ai pu suivre aucune de ces petites larves ciliées; mais il m'est arrivé d'en trouver de tout récemment fixées, sur le Rotifère même dont elles étaient sorties. L'une d'elles a pu être examinée quatre jours, pendant lesquels on vit peu à peu son contenu passer dans le corps du Rotateur et s'y organiser en individu sacciforme normal (v. *loc. cit.*).

J'ai trouvé la *Physaliella collini* dans les deux stations où j'ai pu récolter l'*Asellus aquaticus*, c'est-à-dire à la Pointe-à-la-Bise sur les rivages du Léman, et sur les bords du Rhône à la Jonction, tout près de Genève.

LISTE DES PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS

ANDRÉ, E. *Catalogue des Invertébrés de la Suisse. Infusoires.* Museum d'hist. nat. de Genève, fasc. 6. 1912.

AWERINZEW, S. *Astrophrya arenaria* n. g. n. sp.. Zool. Anzeiger, vol. 27, 1904.

BÜTSCHLI, O. *Ueber den Dendrocometes paradoxus,* Zeit. f. wiss. Zool., Bd. 28, 1877

BÜTSCHLI, O. *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs,* Bd. 1, Protozoa, Abth. 3, Infusoria, 1889.

COLLIN, B. *Quelques remarques sur Tokophrya cyclopum,* Arch. Zool. expér. (4), t. 8, notes et revue, 2, 1908.

COLLIN, B. *Etude monographique sur les Acinétiens,* Arch. Zool. expér., t. 48, n° 5, et t. 51, n° 1, 1911 et 1912.

DELAGE et HÉROUARD. *Traité de Zool. concrète,* vol. 1, 1896.

EISMOND. *Zur Frage des Saugmechanismus der Suctorien,* Zool. Anzeiger, t. 13, p. 721, 1890.

FILIPJEV, J. *Zur Organisation von Tokophrya quadripartita,* Arch. f. Protistenk., vol 21, f. 2, 1910.

HARTOG, M. *On an undescribed Acinetan,* Proc. Manchester. litt. and. phil. soc., vol. 19, 1881.

HARTOG, M. *Notes on Suctoria,* Arch. f. Protistenk., vol. 1, f. 3, 1902.

HICKSON et WADSWORTH. *Dendrosoma radians,* Quart. Journ. Micr. Sci., N. S., vol. 54, 1909.

HICKSON et WADSWORTH. *Dendrocometes paradoxus,* Quart. Journ. Micr. Sci., N. S., vol. 45, 1904.

MAUPAS, E. *Contributions à l'étude des Acinétiens,* Arch. Zool. Expér., t. 9, 1881.

METSCHNIKOFF, E. *Ueber die Gattung Sphaerophrya,* Arch. f. Anat. und Phys., 1864.

PARONA, C. *Acineta dibbalteriana.* Arch. Sc. phys. nat. Genève (3), t. 5, 1881.

PENARD, E. *Sur quelques Tentaculifères muscicoles,* Arch. f. Protistenk., vol. 24, f. 3, 1914.

PENARD, E. *Sur un Tentaculifère peu connu, Podophrya soliformis,* Revue Suisse Zool., vol. 26, n° 1. 1918.

PENARD, E. *Physaliella collini, un Tentaculifère parasite,* Festschrift ZSCHOKKE, Basel, 1920.

ROOT, F. M. *Reproduction and Reactions to food in Podophrya collini.* Arch. f. Protistenk., vol. 35, f. 2, 1914.

ROUSSEAU et SCHOUTEDEN. *Les Acinétiens d'eau douce,* Annales Biol. lacustre, t. 2, 1907.

SAND, R. *Etude monographique sur le groupe des Infusoires tentaticulifères,* Bruxelles, 1901.

STOKES, A. C. *A preliminary contribution toward a history of the freshwater Infusoria of the United States,* Journ. Trenton Nat. hist. Soc., vol. 1, n° 3, 1888.

INDEX

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXVI (1884-1919). Prix Fr. 35

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6



Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

Fascicule 5

Rapport présidentiel pour l'année 1920

par M. J.-L. PREVOST

Étude du Colmatage du Val des Dix

par Raoul BOISSIER

Recherches sur un cas d'Hérédité « sex-linked », la Drosophile à œil « barred »

par Emile GUYÉNOT

Professeur à l'Université de Genève.

GENÈVE

GEORG & C[ie]

BALE et LYON même maison.

Prix : Fr. 6

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 5, VOLUME 39

Pages

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 5.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1920

PAR

J.-L. PREVOST

Messieurs et chers Collègues,

L'année 1920 s'est malheureusement signalée par la perte de plusieurs de nos collègues les plus distingués, soit parmi nos membres ordinaires, soit parmi nos membres honoraires.

J'aurai à retracer la vie scientifique de ces savants. Nous avons d'autre part plusieurs recrues d'hommes qui se sont fait connaître par leurs œuvres.

La fréquentation de nos séances a été relativement faible comme le nombre des communications (27). Il est fâcheux de constater que chaque année, le nombre des communications à notre Société tend à diminuer comme la fréquentation de nos séances. Cela provient, il est vrai, surtout de ce que nombre de sociétés plus spécialisées que la nôtre sont nées à Genève, groupant autour d'elles

les chimistes, les botanistes, les entomologistes, les médecins, etc. Si la division du travail peut provoquer une activité scientifique plus grande, ces diverses créations ne rendent pas notre société superflue. Comme le faisait remarquer M. le Prof. Claparède dans son rapport présidentiel (1915), plus que jamais au contraire, il est nécessaire d'avoir à côté des associations spécialisées un organe central, où les hommes appartenant aux disciplines les plus diverses, puissent se rencontrer et maintenir ces liens qui justement, en raison de l'inévitable division du travail, risqueraient de se dénouer.

A cette occasion, nous recommandons à nos collègues de vouloir bien annoncer de leur propre chef les communications qu'il serait de leur intérêt de publier, pour contribuer au bon renom de nos publications.

Nous avons, récemment encore, reçu une preuve de l'intérêt qu'on porte à l'étranger à nos travaux dans le fait que nous avons reçu une demande d'échange et une demande d'achat de la série complète de nos mémoires.

La Société helvétique des Sciences naturelles s'est réunie à Berne le 4 juillet 1920. Vous avez délégué à son sénat M. Brun et comme suppléant M. Collet. M. Brun souffrant, a été suppléé par M. Collet. A cette séance a été discutée la question d'adhésion de la Société helvétique au *Conseil international de Recherches.* Après en avoir référé au Conseil fédéral et avec son consentement, le Sénat de la Société helvétique des Sciences naturelles accepte l'invitation reçue et adhère au Conseil international de Recherches. Il considère que cette nouvelle organisation contribuera largement au progrès scientifique et qu'elle marque un premier pas vers le rétablissement de la collaboration internationale. Il espère fermement que le Conseil international de Recherches réunira comme son nom l'indique, le plus tôt possible, tous les pays où la science est en honneur. Dans cet ordre d'idées, la Société helvétique des Sciences naturelles, tout en déclarant son adhésion, se réserve pleine liberté dans ses relations avec les institutions scientifiques, les sociétés et les savants appartenant à des pays qui ne font pas encore partie du Conseil international des Recherches.

Notre Comité de publication s'est réuni cinq fois. Il a eu à s'occuper des publications de M. Raoul Boissier, sur les nappes souterraines de l'Arve et de M. Eugène Penard sur les infusoires tentaculifères. Ces travaux constituant avec le rapport présidentiel pour 1919 de M. Carl les fascicules 3 et 4 du volume 39 de nos Mémoires.

Le Comité continue à être en relations avec la famille de feu Paul Choffat, à propos de certains travaux du défunt dont il est désirable d'assurer la publication. Nous rappellerons à ce propos que Paul Choffat a légué à diverses institu-

tions genevoises une importante collection de cartes topographiques et géologiques qui pourront rendre de grands services aux personnes intéressées.

L'exécution de la carte du canton de Genève à l'échelle 1/12500 par le général Dufour, est en cours d'exécution. MM. Kümmerly et Frey ont bien voulu entreprendre la publication à leurs risques et périls. Ils ont passé une convention avec la Société de Physique conférant à celle-ci la direction scientifique du travail. Le Département des Travaux publics a bien voulu se charger de faire le rapport du cadastre actuel. On prévoit l'éventualité de publier deux cartes, l'une physique donnant seulement la topographie et les cours d'eau avec l'indication abrégée des noms de localités, l'autre complète. Les courbes de niveau sont en noir, les eaux en bleu et la planimétrie en brun foncé. La carte comprend 16 feuilles dont 2 de titres.

Les feuilles 7, 10, 11 de la carte physique sont prêtes et le report de la planimétrie pour la feuille 7 est en cours d'exécution à Berne. La réduction photographique à l'échelle de 1/12500 des 900 feuilles au 1/1000 et au 1/500 du cadastre est terminée.

La feuille 11 portant la ville avec ses anciennes fortifications, sera publiée dans sa forme originale. L'éditeur désire terminer toute la publication à la fin de 1921.

M. Charbonnier, ingénieur cantonal, a demandé à votre Président si la Société de Physique serait disposée à céder la jouissance du petit pavillon qu'elle a installé à l'Observatoire pour un sismographe qui depuis plusieurs années n'est plus utilisé, afin d'y installer éventuellement un service de télégraphie sans fil chargé de la réception des dépêches concernant la météorologie et la circulation aérienne. Après examen de la question, M. le Directeur de l'Observatoire étant d'accord, nous avons accepté la chose tout en faisant des conditions relatives au transport du sismographe dans un local approprié, et à son rétablissement si le service de télégraphie sans fil était supprimé. La question est d'ailleurs restée en suspens jusqu'à nouvel ordre.

Votre Président a été invité par la Société de Géographie, le 10 décembre, à une séance solennelle en l'honneur du Dr Friedtjof Nansen à l'Athénée. Il s'y est rendu pour représenter notre Société.

M. Louis Reverdin, docteur ès-sciences, a été nommé trésorier, en remplacement de feu Augustin de Candolle.

Ont été élus membres honoraires : M. A. Brachet, prof. d'anatomie à Bruxelles ; M. A. Désiré Waller, prof. de physiologie à Londres ; M. Yves Delage, prof. à la Sorbonne ; MM. Peach et Horne, géologues, à Edimbourg.

Membres ordinaires: M. Pierre Revilliod, zoologiste ; M. Raymond Gautier, physiologiste; M. Louis Reverdin, anthropologiste ; M. Maurice Cérésole, chimiste ; M. Swigel Posternak, docteur en médecine.

Nous avons à déplorer la mort de plusieurs de nos collègues. Parmi les membres ordinaires, M. le prof. Théodore Flournoy, Genève; M. Augustin de Candolle, Genève; M. Emile Ador, Genève; M. Emile Burnat, Vaud; M. le prof. Béraneck, Neuchâtel; M. le docteur David Sulzer, établi à Paris; M. James-M. Crafts, président de l'Institut technologique de Boston. En outre, M. le prof. Righi, Bologne, M. le prof. Norman Lockyer, Londres; M. le prof. Yves Delage, Paris, membres honoraires.

M. Georges Darier, membre associé libre, a donné sa démission.

Vous êtes appelés ce soir à désigner le vice-président et deux membres du comité de publication pour 1921; M. Collet, qui avait été nommé l'an dernier, a préféré céder son tour de président à votre rapporteur et à être porté ainsi pour l'année 1921. Nos trois secrétaires et notre trésorier ont bien voulu consentir à rester à leur poste.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

AUGUSTIN DE CANDOLLE

(1868-1920)

A. de Candolle fut membre de la Société de Physique depuis 1900.

Richard-Emile-Augustin de Candolle, second fils de Casimir de Candolle et d'Anna-Mathilde Marcet, naquit le 8 décembre 1868 à Watson on Thames (Angleterre). Après avoir fait ses premières études à Genève, il fut envoyé par son père en Angleterre où les de Candolle avaient depuis longtemps des attaches de famille puisque l'arrière grand-père maternel d'Augustin, Alexandre Marcel, était anglais quoique d'origine genevoise. Il entra en 1883 à Rugby et resta dans cette école jusqu'en 1887 dont il sortit en très bon rang. Après un séjour à Francfort-s/M., il suivit ses études de droit à Heidelberg et à Leipzig de 1890-1893. De retour à Genève, il se voua à la botanique suivant les goûts traditionnels de sa famille depuis quatre générations. Son mariage avec Mlle Louisa de Saugy en 1895 le fixa définitivement à Genève. Comme ceux de ses devanciers, les travaux d'Augustin de Candolle ont été principalement orientés vers la botanique systématique. Son pre-

mier mémoire dans ce domaine était consacré à l'étude d'une collection faite par Mocquerys sur la côte orientale de Madagascar, dans cette étude de Candolle montrait qu'à côté de la systématique, il ne perdait pas de vue les problèmes que soulève « l'insularité » ancienne de Madagascar.

La présence à l'Herbier de Candolle d'une grande série de plantes rapportées du Tonkin par Balansa amena ensuite Aug. de Candolle à s'occuper de la flore tropicale si riche et si variée, qui caractérise la péninsule indo-chinoise. Dans plusieurs mémoires qu'il publia, il décrivit un bon nombre de types nouveaux intéressants. La connaissance de Tiliaires et des Elaeocarpies l'amena à collaborer aux travaux de M. Hochreutiner sur l'Insulinde et à donner à M. Elmer une utile révision des Elaeocarpus des Iles Philippines.

Dans un domaine différent, on doit à A. de Candolle un intéressant mémoire sur la *biologie des capsules monospermes* (1908) dans lequel il discute avec clarté l'interprétation biologique de ces capsules. On peut en dire autant de l'article sur la *parthénogénèse chez les plantes d'après des travaux récents* (1905), dans lequel de Candolle offre des qualités de lucidité, d'objectivité, de pondération dans la discussion de cette question.

Appelé dès le 1er janvier 1912 aux fonctions de Consul britannique à Genève, de Candolle ne put se consacrer alors à ses recherches botaniques et dut réserver toute son activité à ses hautes fonctions consulaires. Pendant huit années, il les remplit avec conscience et la compétence que lui donnaient ses connaissances juridiques. Il se montra un administrateur de premier ordre pendant la période difficile de la guerre. Nombreux sont ceux qui ont eu recours à lui et qui lui gardent un reconnaissant souvenir des services rendus.

Bien avant de devenir Consul, Aug. de Candolle s'est fait apprécier par ses qualités d'administrateur. Il a rempli pendant plusieurs années les fonctions utiles et ingrates de trésorier de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle qu'il a présidée en 1914. Au comité des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, il a rendu d'éminents services.

Enfin il a présidé la Société de Botanique de Genève en y faisant de fréquentes communications sur des sujets très divers.

Il a manifesté à maintes reprises son intérêt pour l'Université et diverses autres institutions genevoises. Il s'est aussi vivement intéressé aux réunions de la Société helvétique des Sciences naturelles et de la Société de Botanique, s'associant à son père dans les réceptions qu'il offrait à ces Sociétés.

A. de Candolle avait l'intention de se consacrer à la continuation de l'Herbier

et de la bibliothèque qui lui est attenante, suivant ainsi la tradition de sa famille depuis quatre générations. La mort survenue le 9 mai 1920 l'a malheureusement empêché de donner suite à ses projets [1].

THÉODORE FLOURNOY
(1854-1920)

Théodore Flournoy fut membre de la Société de Physique dès 1890.

Théodore Flournoy est né à Genève le 15 août 1854. Il y mourut à la suite d'une longue maladie, le 5 novembre 1920.

Sa famille paternelle était originaire de la Champagne, elle avait acquis la bourgeoisie de Genève au début du XVII[e] siècle. Sa mère était sœur du professeur Edouard Claparède, le savant naturaliste bien connu, pour lequel il conserva un souvenir toujours vivant et dont il partageait la curiosité scientifique, la précision et la passion désintéressée pour la vérité.

Entré à l'Académie de Genève en 1871, Flournoy s'inscrivit d'abord à la Faculté des Sciences, prit son baccalauréat ès-sciences mathématiques, puis passa un semestre à la Faculté de Théologie où il s'initia à l'étude de l'Hébreu.

Il se rendit ensuite en Allemagne pour y étudier la médecine, à Fribourg en Brisgau, puis à Strasbourg. C'est dans cette Université que, élève de von Recklinghausen, il passa une thèse importante et bien connue, intitulée *Contribution à l'étude de l'embolie graisseuse*, à une époque où cet accident des fractures était presque ignoré.

Se rendant à Leipzig, le jeune docteur s'adonna avec passion à l'étude de la philosophie, où les cours de Wundt attirèrent son attention sur une science toute nouvelle, la psychologie expérimentale ou psychologie physiologique comme on l'appelait alors.

L'œuvre de Kant semble avoir été décisive pour sa pensée. La distinction radicale que Flournoy, d'après Kant, a toujours faite entre le *croire*, attitude essentiellement personnelle et morale fondée sur des jugements de qualité et de valeur à l'endroit des suprêmes réalités inaccessibles à la raison discursive et le *savoir*, organisation des phénomènes dans les formes indifférentes, amorales, impersonnelles de la pensée scientifique, a inspiré tout son enseignement. Elle a été le fil d'Ariane qui lui a permis de se hasarder d'un pas sûr, et sans se perdre jamais dans les domaines embrouillés de la psychologie de la religion, du spiritualisme ou des phénomènes dits supra-normaux.

[1] Extrait d'une nécrologie due à M. J. Briquet.

Après Leipzig et un séjour à Paris, Flournoy revint définitivement à Genève en 1879. En 1885 il s'inscrivit comme privat-docent à notre Université et y professa un cours sur la *philosophie de Kant*. L'hiver suivant son cours porte sur l'*Histoire de la philosophie des sciences*. En 1888 il inaugura son enseignement de *Psychologie physiologique* et expose magistralement dans un opuscule, qui est un petit chef d'œuvre, quels sont les principes de cette science nouvelle (*Métaphysique et psychologie*. Genève, 1890, 2e édition, Genève, 1919). Il y montre notamment que ses progrès dépendent de son émancipation de la métaphysique et de l'admission du principe du parallélisme psycho-physique qui assure à la psychologie la neutralité philosophique dont elle a besoin pour accomplir son programme positif.

Cet ouvrage eut beaucoup de retentissement ; on y admira la rare clarté rehaussée de verve et d'humour avec laquelle son auteur avait exposé les problèmes les plus ardus et l'indépendance d'esprit dont il avait fait preuve.

En 1891 une chaire extraordinaire de psychologie expérimentale avec laboratoire est créée pour lui à l'Université.

Cette chaire, à la demande de Flournoy, fut rattachée à la Faculté des Sciences; c'est la première fois que cette discipline s'est trouvée officiellement séparée de la philosophie.

C'est la Société de Physique et d'Histoire Naturelle, dont Flournoy fit partie depuis 1890, qui reçut l'hommage de ses premières recherches scientifiques. En 1890, il faisait une communication sur l'*audition colorée* et en 1892 présentait les résultats de l'enquête poursuivie en collaboration de son élève Ed. Claparède sur le même phénomène, enquête d'où est finalement sorti son bel ouvrage sur les *Phénomènes de Synopsie* (Genève et Paris, 1893).

Les premières expériences poursuivies au laboratoire de psychologie ont porté sur les temps de réaction et ont donné lieu à des notes communiquées à nos séances. Elles ont fait l'objet d'une brochure (*Observations sur quelques types de réaction simple*. Genève, 1896).

Nous ne pouvons insister ici sur les résultats obtenus, non plus que sur les recherches sur les illusions de poids, les hallucinations sur l'action du milieu, sur l'idéation sur les temps de lecture et l'omission, sur l'association des chiffres chez les divers individus, parues dans l'Année psychologique (1895-1896) et présentées au congrès international de psychologie à Munich en 1896.

Flournoy s'était aperçu que pour rendre compte de l'activité mentale, il ne fallait pas se borner à explorer le contenu de la conscience, mais qu'il fallait encore faire appel au subconscient, aussi voyons-nous notre collègue s'intéresser d'une façon toute particulière à toutes les manifestations de ces forces agissantes quoique

cachées de la personnalité (messages spirites, somnambulisme, romans subliminaux, cryptomnésies, glossolalie, télépathie, automatismes divers).

Le livre intitulé *Des Indes à la planète Mars*, Genève, 1900, nouvelles observations sur le même sujet (Archives de Psychologie, I, 1902) est une étude que Flournoy fit sur ce sujet, comme son mémoire *Esprits et médium*, 1911, est l'analyse et l'enquête qu'il fit sur la même question.

Citons en outre ses mémoires sur *Les principes de la psychologie religieuse*, *Observations de psychologie religieuse*, *Une mystique moderne* (Arch. de Psychologie, 1902-1915). *Le génie religieux*, 1909.

Très lié avec le psychologue américain William James, il écrivit sur ce savant un mémoire *La philosophie de W. James*, St. Blaise, 1901.

En 1901 il avait fondé en collaboration avec Ed. Claparède les *Archives de Psychologie*, cette publication bien connue dans laquelle il publia dès lors ses recherches et un grand nombre de bibliographies.

Lors de la célébration à Genève du centenaire de Darwin en 1909, il parla d'une façon très originale de Darwin philosophe. En 1909 il avait présidé le VI[e] Congrès international de Psychologie, qui s'était tenu à Genève.

En dehors de son œuvre écrite, Flournoy a exercé une grande influence non seulement sur les étudiants, mais sur tout le public cultivé de notre ville par son enseignement oral, qui réunissait des qualités qui souvent s'excluent : la vie, la clarté, la profondeur, le pittoresque.

En lui, la Science et notre Université perdent un maître de valeur vraiment exceptionnelle.

ÉMILE ADOR
(1845-1920)

Né le 2 octobre 1845, Emile Ador fit ses premières études à notre Académie; il alla les compléter à Edimbourg et à Londres, puis s'étant résolu à les diriger du côté de la chimie, il entra en 1868 à la Gewerbe-Akademie de Berlin. Il y trouva des maîtres et des collègues tels que Bæyer, Græbe, Liebermann, Oppenheim, avec lesquels il entreprit ses premiers travaux originaux. C'était l'époque, une des plus brillantes de l'histoire de la chimie, où toutes les recherches étaient tournées vers l'étude des composés aromatiques tirés du goudron de houille. Ce fut aussi cette voie que suivit Ador, et qu'il ne quitta plus désormais. Sa première publication, faite avec Bæyer, sur l'aldéhydine, date de 1868. Elle fut suivie en 1870 d'une seconde, sur l'acide sulfobenzoïque, avec la collaboration d'Oppenheim.

En 1871, Ador quitta Berlin pour Zurich, où il fut l'élève de Victor Meyer. C'est sous sa direction qu'il fit un travail important sur le biphtalyle, qu'il présenta comme thèse, et qui lui valut le grade de docteur en philosophie.

Revenu à Genève en 1872, il devint le collaborateur, puis le gendre du professeur Marignac. Il le remplaça pendant les années 1874-1878 dans son cours de chimie organique. Il semblait donc tout désigné pour lui succéder définitivement. Mais cette attente fut déçue. Lorsque Marignac prit sa retraite en 1878, Ador ne posa pas sa candidature à la chaire de chimie. Dépourvu d'ambition personnelle, il crut mieux servir les intérêts de notre Université en proposant à sa place, et en recommandant chaudement son ancien collègue de Berlin, Carl Græbe, qui venait de se signaler par une découverte de premier ordre, et qui se trouvait momentanément sans situation officielle.

Ayant ainsi renoncé à la carrière professorale, Emile Ador ne se désintéressa point du développement de nos études de chimie. Il continua, au contraire, à y participer d'une façon aussi active qu'efficace. Il fut chargé avec le professeur Denis Monnier et l'architecte Bourrit, de dresser les plans de la nouvelle Ecole de Chimie, dont la création avait été décrétée en 1877. Il fut, en 1878, un des fondateurs de la Société de Chimie de Genève.

Il prit part au Congrès de nomenclature qui se réunit dans notre ville en 1892. Il fonctionna comme expert auprès du jury de l'exposition de Vienne en 1873 et présenta à cette occasion au Conseil d'Etat un rapport sur les progrès de la Chimie. Il fit partie dès 1874, du comité de rédaction des Archives des Sciences physiques et naturelles. Enfin il était, au moment de sa mort, un des plus anciens membres de notre Société, dans laquelle il avait été reçu en 1873.

Dès son retour à Genève, Ador avait repris, dans un laboratoire qu'il avait installé à la rue du Stand, les recherches de chimie organique qu'il avait commencées à Berlin. Il s'appliqua surtout à développer et à étendre le procédé de synthèse, si précieux pour la chimie aromatique, qui venait d'être découvert par Friedel et Crafts. En collaboration avec son ami Albert Rilliet, il publia, de 1874 à 1880, une série de travaux dans ce domaine, qui dénotent tous une grande habileté d'observateur et d'expérimentateur.

Depuis 1880, Ador avait abandonné ses recherches de laboratoire pour s'occuper surtout d'affaires industrielles et financières. Mais il suivait toujours avec intérêt les progrès de la science. Il resta pendant longtemps chargé de rendre compte de ceux de la chimie dans le bulletin bibliographique des « Archives », et il aimait à s'en entretenir avec ses collègues plus jeunes, qui profitaient des sages conseils de son expérience et des ressources de son érudition.

A la mort du professeur Marignac, survenue en 1894, Ador rédigea pour nos « Archives » et pour les « Berichte » de Berlin, des nécrologies très complètes et intéressantes de son beau-père. Puis il compléta son œuvre en rassemblant et en rééditant l'ensemble des travaux de l'illustre savant, qui étaient disséminés dans divers périodiques et s'échelonnaient sur une période de plus de 40 années. Les deux gros volumes des œuvres complètes de J.-C. Galissard de Marignac, publiés sous les auspices de notre Société comme hors-série de nos Mémoires, font le plus grand honneur, non seulement au chimiste éminent aux travaux duquel ils sont consacrés, mais aussi à celui qui a su les conserver et les faire revivre.

La Société de Physique et d'Histoire Naturelle, perd en Emile Ador un de ses membres assidus et dévoués, fidèle gardien des anciennes traditions scientifiques genevoises et qui fut de bien des manières utile à leur maintien et à leur développement.

EMILE BURNAT
(1828-1920)

Burnat fut membre ordinaire de la Société de Physique 1889 et émérite 1902.

Emile Burnat, né à Vevey, le 21 octobre 1828, appartenait à une ancienne famille vaudoise qui a donné à la magistrature, à l'armée et à l'église de nombreux représentants depuis le XVIe siècle. Il suivit jusqu'en 1842 les leçons de l'Institut Sillig à Bellerive. C'est à cette époque, âgé de 14 ans, qu'il prit goût à la botanique et à la chimie et se décida à suivre sa carrière d'ingénieur en se préparant à l'Ecole Centrale.

En 1845, il se rendit à Genève pour y suivre les cours de l'Académie, travaillant spécialement les mathématiques avec le Prof. A. Pascalis. Son goût pour la botanique s'y accentua sous l'influence de de Candolle, dont il suivait les cours et pour lequel il garda toute sa vie une profonde vénération ; de Edmond Boissier, de Reuter, avec lequel il herborisait avec passion comme il le fit jusqu'à l'âge de 85 ans. Avec ses amis, il fonda une Société des Sciences des Etudiants de Genève dont faisaient partie entre autres Louis Soret, Duval, Gaston Rochette et d'autres. Burnat y lut le 7 décembre 1846 une notice sur les genres *Orobanche* et *Phelipea*, travail qu'il fit à l'âge de 18 ans et qui est déjà remarquable, résumant ce que l'on savait à cette époque sur la biologie de ces singulières plantes parasites. Après avoir terminé avec succès ses études à l'Académie de Genève, il se rendit en 1847 à Paris où il entra à l'Ecole Centrale. Il y travailla sous la direction du mathémathicien Théod. Olivier, du physicien Léon Claude, Aug. Pictet, du chimiste J.-B. Dumas.

En 1851, Burnat sortait de l'Ecole Centrale premier de sa promotion avec le diplôme d'ingénieur ex-æquo avec Molinos dans la spécialité de la métallurgie.

Cédant aux propositions de son oncle Jean Dolfuss, le nouvel ingénieur entra dans l'établissement Dolfuss, Mieg & Co à Mulhouse et ne tarda pas à trouver en la personne de sa cousine Emilie Dolfuss, celle qui devait être la fidèle compagne de sa vie. Pendant 16 années, E. Burnat développa à Mulhouse une activité féconde dont témoignèrent non seulement la prospérite croissante de l'établissement auquel il vouait ses soins, mais encore un grand nombre de mémoires (87) de physique industrielle parus dans les Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse.

Malgré la résistance de ses associés qui tenaient à conserver son concours, Burnat se décida à quitter l'industrie à laquelle il resta cependant associé jusqu'en 1872 pour se retirer en 1868 à Mont-sur-Vevey, dans une propriété dont lui avait fait don son grand-père en 1865. Il y fit construire un chalet et se livra dès lors à ses études favorites de botaniste. En 1871, au cours d'un séjour à Cannes, il se lia avec Thuret et Bornet, les deux botanistes d'Antibes célèbres par leur découverte des organes sexuels et de la fécondation chez les Algues, et ce sont eux qui l'engagèrent à entreprendre l'étude de la flore des Alpes maritimes. Burnat se livra dès lors à ce travail et fit de nombreux voyages d'exploration destinés à réunir les matériaux nécessaires à sa flore, voyageant tantôt seul, tantôt en compagnie de plusieurs botanistes suisses : E. Boissier, W. Barbey, Marc Micheli, J. Briquet et d'autres. Tout en s'occupant spécialement des Alpes maritimes, Burnat se créa une collection générale européenne, l'une des plus riches que l'on connaisse.

Il complétait les cartes très insuffisantes par des observations personnelles mesurant avec soin l'altitude de la région qu'il observait.

Burnat étendit ses voyages à la chaîne des Alpes tout entière jusqu'à la Syrie et à la Carinthie, à la Péninsule Ibérique, les Baléares, à l'Algérie, à la Corse, à l'Italie, la Grèce et la Turquie jusqu'à la Bithynie.

A la fin de 1917, son herbier comptait 210,408 numéros, tandis que la bibliothèque spéciale comportait 3000 volumes renfermés dans un bâtiment que Burnat avait fait construire à cet effet.

Burnat légua ce riche matériel à la Ville de Genève. Ses collections furent transportées à la Console et installées en 1906 dans le jardin et dans le Conservatoire botanique.

Les nombreux travaux botaniques de E. Burnat se rapportent essentiellement à la systématique de divers groupes tels que les *Rosa*, les *Hieratium* et *la Flore des Alpes maritimes* dont il a écrit les quatre premiers volumes. Les qualités de

Burnat étaient l'exactitude, la clarté et une grande érudition. Il était l'homme non des théories mais celui des faits bien observés, exactement comparés et scrupuleusement pesés.

Nombre de corps scientifiques l'ont fait figurer parmi leurs membres d'honneur. Les Universités de Zurich et de Lausanne lui avaient décerné le grade de Doctor *honoris causa* à l'occasion de son 80e anniversaire. Peu avant la guerre, (janvier 1914), le Gouvernement français l'avait fait chevalier de la Légion d'honneur.

En dehors de son activité scientifique, Burnat eut à remplir plusieurs fonctions municipales et cantonales dans lesquelles il montra toujours son dévouement à la chose publique, sa régularité dans l'exercice des diverses fonctions qui lui étaient confiées. Nous n'insistons pas sur sa bonté, sa charité et sur les bienfaits qu'il a répandus sur ceux qui l'entouraient.[1]

EDMOND BERANECK[2]
(1859-1920)

Béraneck a été associé libre de notre Société depuis 1897.

Né à Vevey en 1859, Edmond Béraneck fit ses premières études à Lausanne. C'est à l'Académie de cette ville qu'il s'initia à la zoologie et fit ses premiers travaux sous la direction du professeur Du Plessis.

A l'âge de 24 ans, quoiqu'il sût bien que le cycle de ses études universitaires n'était pas terminé, les nécessités matérielles de la vie l'obligèrent à assumer la double tâche, assez lourde, de professeur de zoologie au gymnase et à l'Académie de Neuchâtel. Ce ne fut d'ailleurs pas une interruption de ses recherches personnelles. Il organisa, en effet, son enseignement de manière à pouvoir travailler trois jours par semaine à Genève, sous la direction du professeur Hermann Fol, et obtint le grade de docteur en 1884.

En 1886, il consacra quelques mois à s'initier aux méthodes allemandes auprès de Hæckel à Iéna. Plus tard, nous le voyons à Roscoff et à Villefranche se livrer à l'étude de la faune marine et en particulier, sous l'impulsion de Hermann Fol, à celle du développement des Métazoaires supérieurs. Ce sujet le retint longtemps et fit l'objet d'un cours libre qu'il professa à l'Université de Genève en 1895. Mais entre temps des circonstances indépendantes des préoccupations purement scientifiques imprimèrent une orientation nouvelle à ses travaux. Dans un but

[1] Extrait d'une nécrologie de J. Briquet.
[2] D'après un article nécrologique de M. Bedot, *Revue suisse de Zoologie*, vol. 28, 1920.

philanthropique, il entreprit l'étude bactériologique de la tuberculose pulmonaire, et travailla en 1894 avec Léon Massol, directeur du laboratoire de sérothérapie et de bactériologie de la Ville de Genève. Ces études conduisirent Béraneck à la découverte de la tuberculine qui porte son nom ; ce produit a fait l'objet d'assez nombreuses publications et a donné des résultats très appréciés.

Lors de la transformation de l'Académie de Neuchâtel en Université, Béraneck dut abandonner ses travaux à Genève et continuer ses recherches dans les laboratoires fort rudimentaires dont il disposait à l'Académie de Neuchâtel.

Pour faire ressortir le trait dominant du caractère de cet infatigable chercheur, il suffit de dire que des offres de capitaux lui furent faites pour pousser plus loin l'étude de sa tuberculine, sous condition d'en tirer profit matériel. Par principe, il n'hésita pas à refuser. Il convient de rendre hommage à tant de modestie et de désintéressement.

DAVID SULZER
(1858-1918)

Le Dr Sulzer a fait partie de la Société de Physique comme membre émérite depuis 1897, étant membre ordinaire dès 1892.

Le Dr Sulzer est né le 18 juin 1858 à Winterthur (Zurich). Son père, le Dr Sulzer fut un homme important dans le canton de Zurich et conseiller d'Etat. Son grand-père paternel fit campagne dans les armées de Napoléon.

Jusqu'en 1876, il resta à Winterthur au Collège, puis alla à Strasbourg au Collège protestant où il finit ses études.

Il revint ensuite à Zurich commencer ses études médicales qu'il termina le 8 août 1882 par sa thèse inaugurale sur l'iridectomie dans le glaucome primitif. Il s'était déjà orienté vers l'ophtalmologie sous la direction de Horner.

Il se rendit ensuite à Utrecht à la clinique de Donders où il prit le goût à l'étude de l'optique physiologique et c'est de son séjour en Hollande que date l'orientation générale de ses recherches scientifiques.

En 1882, une guerre coloniale éclate en Hollande. Il s'engage pour 5 ans comme médecin militaire dans l'armée hollandaise et part pour Java.

Son séjour aux Indes néerlandaises se prolonge jusqu'en 1889 ; il revient en Europe. Sa première installation en Europe fut à Genève où, en 1892, il obtint le grade de privat-docent d'ophtalmologie à la suite d'une thèse brillamment soutenue.

En 1891, il acheta avec le Dr Valude des héritiers de Warbomart, les *Annales d'Oculistique* et collabora dès lors très activement à cette importante publication. En 1898, à 40 ans, il s'installe à Paris, repasse ses examens de doctorat qu'il couronne par sa thèse sur le Zona ophtalmique. Naturalisé Français en 1913, il a l'occasion de payer sa dette à la nation qui l'a accueilli et noblement il ne faillit pas à ce devoir. Il s'engage dès septembre 1914 comme médecin auxiliaire et il est envoyé peu après dans un convoi sanitaire.

Le surmenage qu'il éprouva pendant les phases mouvementées de sa vie dans les trois dernières années ne fut pas étranger à la fatigue cardiaque dont il commença à ressentir les premières atteintes à la fin de 1917. Il essaya du repos, mais il était trop tard et le 9 février 1918, il succombait à une crise d'angine de poitrine dans sa 60e année.

Pendant le cours de son existence à Paris, Sulzer avait occupé quelques années le poste de Chef de service à la Fondation ophtalmologique Rothschild.

Les travaux très nombreux de Sulzer, dont une partie est cataloguée dans les Mémoires de notre Université, sont dirigés vers l'optique physiologique, qu'il a étudiée au laboratoire de Donders, puis ensuite à celui de Javal à la Sorbonne, où il poursuivit ses recherches sur la forme de la cornée humaine qui aboutit à l'invention d'une cornée artificielle ayant un but spécial.

Toutefois, il ne fut pas exclusif, et en dehors de ses deux thèses qui sont des ouvrages de clinique pure, on peut citer parmi ses travaux de nombreux mémoires qui ont trait à des observations de clinique spéciale.

Toutes ses recherches et travaux furent condensés dans les articles magistraux que Sulzer a publiés dans l'*Encyclopédie française d'ophtalmologie.*

Sulzer a contribué activement aux progrès scientifiques de l'ophtalmologie, tant par ses recherches personnelles que par la part importante et toujours remarquée qu'il prenait aux réunions scientifiques en France et à l'étranger. Il a en outre joué un rôle fort utile en résumant dans les *Annales d'oculistique* les publications étrangères et une connaissance complète de plusieurs langues donnait à ses analyses une valeur particulière.

Tous ceux qui ont connu Sulzer pendant son trop court séjour à Genève, garderont de cet excellent collègue et savant, d'une remarquable honorabilité professionnelle, un souvenir affectueux et regretteront qu'une mort prématurée ait mis trop tôt un terme à une belle carrière scientifique. [1]

[1] Tiré en partie d'un article du Dr Valude, paru dans les *Archives d'oculistique*, avril 1918.

AUGUSTE RIGHI [1]

(1850-1920)

Décédé subitement le 8 juin de cette année à Bologne, où il était né le 27 août 1850, Righi avait fait ses études dans les écoles de cette ville. En 1871, on l'avait nommé assistant de physique à l'Université. Deux ans après, il enseignait cette science à l'Institut technique de la même ville. En 1875, il fut reçu membre de l'Académie des sciences de Bologne. Ensuite, après avoir été pendant une année privat-docent à l'Université, il obtint la chaire de professeur ordinaire de physique à l'Université de Palerme. Il passa de cette dernière à celle de Padoue en 1885 et quatre ans après à celle de Bologne où il est resté jusqu'à la fin de sa carrière. Les services qu'il a rendus à la science ont été reconnus tant en Italie qu'à l'étranger, ainsi qu'en témoignent les diverses distinctions dont il a été l'objet. En Italie, il reçut la médaille pour le mérite civil et fut nommé sénateur. La *Royal Society* lui a décerné le prix Hughes et la *Royal Institution* l'a nommé membre honoraire. Il était correspondant de l'Institut de France. Sans parler d'autres titres honorifiques qui lui avaient été conférés, il convient de rappeler que dans le discours commémoratif prononcé à l'Académie des Sciences de Paris, par le Président, celui-ci annonça que Righi allait être nommé associé étranger. Il était membre honoraire de notre Société depuis 1898.

Un bref aperçu des publications de Righi suffit pour montrer la variété et l'importance des travaux de ce physicien génial, de cet expérimentateur hors ligne. Il a parcouru tous les champs de la physique, mais c'est surtout dans ceux de l'électricité statique et dynamique, du magnétisme et de l'électro-magnétisme que s'est exercée sa sagacité clairvoyante. Les notes et mémoires sur ces sujets sont très nombreux. Th. Tommasina en a donné des analyses dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*. Righi étudia successivement, entre autres sujets, les phénomènes de Hall, de Kerr et de Zeemann, les ondes hertziennes, les rayons de Röntgen, la radioactivité. Ses expériences très démonstratives sur les « ombres électriques » et sur les « phénomènes photoélectriques » placent Righi au premier rang des fondateurs de la théorie moderne de l'ionisation. Les études qu'il poursuivit après 1883 sur le phénomène de Hall, lui firent découvrir de nouveaux phénomènes : la grande variation de résistance du bismuth sous l'action du champ magnétique, la variation analogue de la conductibilité calorifique et, ce qu'on

[1] Notice nécrologique de M. Th. Tommasina.

appelle « l'effet Righi » qui est analogue à l'effet Hall, le flux calorifique étant substitué au courant électrique. Puis dirigeant ses recherches sur le phénomène de Kerr, il mit en évidence les caractères de ce phénomène et y découvrit une loi de symétrie qui fut plus tard confirmée.

En 1897 paraissait une des œuvres principales de Righi : *L'ottica delle oscillazioni elettriche, studio sperimentale sulla produzione di fenomeni analoghi ai principali fenomeni ottici per mezzo delle onde elettromagnetiche.* L'auteur en a donné lui-même un important résumé, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* de la même année. La découverte et l'étude de la polarisation magnétique du chlore date de 1899. La commission d'organisation du Congrès international de Physique, qui eut lieu à Paris en 1900, chargea Righi de la rédaction du rapport sur les ondes hertziennes. On sait que Marconi, l'inventeur de la télégraphie sans fil, conçut l'idée géniale de cette importante application des ondes hertziennes pendant son stage comme élève de Righi au laboratoire de Physique de l'Université de Bologne. Déjà par ses expériences publiées en 1893 et 1897, Righi avait fait connaître un nouveau système d'appareils avec lesquels il avait étudié les oscillations électriques à très petite longueur d'onde, le cabinet de physique de notre Université possède un de ces appareils, don de notre regretté collègue Edouard Sarasin. On considère l'ensemble des expériences qui ont mérité le nom « d'optique des oscillations électriques », comme une démonstration expérimentale complète de la théorie électromagnétique de la lumière.

En 1908, dans une note à l'Académie dei Lincei, il faisait connaître l'existence probable d'une nouvelle espèce de rayons, les rayons magnétiques. Après en avoir étudié la nature, il communiqua à la Société française de Physique une note : « Sur quelques phénomènes dus aux rencontres entre électrons et ions «, et une autre aux Lincei : « Sur le mouvement d'un électron autour d'un ion dans le champ magnétique ». Il y présentait son hypothèse sur la nature des rayons magnétiques, qui suppose chaque élément de ces rayons constitué par un électron tournant autour d'un ion. Son ouvrage : *La materia radiante e i raggi magnetici*, paru en 1909, montre la grande variété des expériences qu'il a faites pour mettre en évidence les propriétés de ses rayons. D'autre part, ces mêmes expériences le conduisirent à la découverte de phénomènes nouveaux, tel que celui des rotations iono-magnétiques (1914) dont la théorie qu'il a donnée a été aussi confirmée. Des autres faits nouveaux, dus à la propagation de l'électricité dans les gaz soumis à l'action du champ magnétique, que la théorie ordinairement admise ne pouvait expliquer, lui firent imaginer la théorie de la « magnéto-ionisation », fondée sur le fait, établi expérimentalement, que le champ magnétique favorise l'ionisation par choc. Toute cette série de travaux du plus haut intérêt scientifique forme le contenu

de son dernier ouvrage paru en 1918 : *I fenomeni elettro-atomici sotto l'azione del magnetismo.*

Auguste Righi a donné à sa patrie, qui ne pourra oublier ni son nom, ni son œuvre, une gloire de plus dans ce monde supérieur de la pensée, qui est le seul ayant connu jusqu'ici la concorde entre les nations.

Sir NORMAN LOCKYER[1]

(1836-1920)

J.-Norman Lockyer était le dernier survivant du groupe de savants qui ont fondé l'astronomie physique après les féconds travaux d'analyse spectrale de Bunsen et Kirchhoff en 1859.

Né en 1836, Lockyer a débuté comme astronome amateur. Entré au « War Office » en 1857, il y fit une carrière rapide et brillante grâce à ses capacités administratives et à son énergie, mais il consacrait tous ses moments de loisir à l'astronomie dans son observatoire privé de Hampstead qu'il abandonna en 1873 pour prendre la direction, officielle cette fois, des laboratoires et de l'observatoire de physique solaire de South Kensington, en qualité de professeur de physique astronomique au Royal College of Science.

C'est en 1868 que le nom de Lockyer a été rendu célèbre dans le monde entier, en même temps que celui de Janssen, par leur découverte de la méthode d'observer les protubérances solaires en plein jour. Tandis que son émule français arrivait spontanément à cette découverte, en observant, au spectroscope, l'éclipse totale de soleil du 18 août 1868, Lockyer y était parvenu par le raisonnement, deux ans auparavant. Il supposait, dans sa communication à la Royal Society du 15 novembre 1866, que les protubérances étaient dues à des gaz incandescents entourant la photosphère solaire et que l'on pourrait distinguer ces protubérances dans le spectre d'émission à raies brillantes de ces gaz. Lorsqu'il apprit, par les premières dépêches des observateurs de l'éclipse de 1868, que le spectre des protubérances contenait les raies brillantes de l'hydrogène, il hâta la construction d'un spectroscope à forte dispersion qu'il avait commandé, et put effectivement observer des protubérances solaires en plein midi dès le 20 octobre. Par un curieux hasard son rapport, adressé à la Société Royale à Londres et à l'Académie des Sciences de Paris, a été lu à la séance du 26 octobre 1868 de cette dernière assemblée, quelques minutes avant celui que Janssen avait adressé de Guntoor

[1] Notice nécrologique de M. Raoul Gautier.

(Indes anglaises) et où il relatait les observations de protubérances qu'il y avait faites pendant et après l'éclipse du 18 août. La découverte était assez importante pour être partagée entre les deux astronomes.

Lockyer a reconnu tout autour de la photosphère solaire la *chromosphère* d'où émanent les jets et nuages lumineux nommés protubérances. Il a également découvert que la raie jaune D_3 du spectre de la chromosphère n'appartenait à aucun élément chimique connu et a nommé *helium* l'élément inconnu qui, comme chacun sait, a été trouvé seulement une trentaine d'années plus tard par lord Rayleigh et Ramsey dans la clévéite.

Voué de plus en plus dès lors à l'étude du soleil, Lockyer a poursuivi, avec une rare énergie, par la méthode spectroscopique, l'observation des phénomènes solaires et l'étude des spectres des éléments dans son laboratoire. Toujours il menait ces études parallèlement, en soumettant ses résultats à une critique sérieuse. En produisant les vapeurs des éléments par des sources de chaleur différentes (flamme, arc, étincelle électrique), Lockyer a établi l'importance de certaines raies spectrales qui n'apparaissent dans le spectre qu'aux plus hautes températures. Il les a appelées raies renforcées *(enhanced lines)* et a basé sur cette découverte l'hypothèse qu'à des températures plus élevées encore, toutes les raies disparaîtraient à l'exception de ces raies renforcées.

C'est durant la première phase de ses beaux travaux que Lockyer est venu, en 1875, à Genève et qu'il a été nommé membre honoraire de notre Société sur la proposition d'Emile Gautier. Cette même année, il fit à la Société de Physique une intéressante communication sur ses travaux d'analyse spectrale.

Tout naturellement, Lockyer s'intéressait aux observations que l'on peut faire durant les éclipses totales de soleil. Il organisait les expéditions partant d'Angleterre et il en a dirigé huit en personne dans différentes régions du monde. Nous avons eu le privilège, M. J. Pidoux et moi, de le voir à l'œuvre lors de l'éclipse du 30 août 1905 à Palma de Majorque, et nous avons pu admirer la merveilleuse organisation de son expédition et le talent avec lequel il utilisait le concours, non seulement de ses collaborateurs ordinaires, mais des officiers et de l'équipage du croiseur mis, cette fois comme lors des éclipses antérieures, à sa disposition par l'Amirauté britannique. Malheureusement pour l'expédition anglaise, comme pour la nôtre, beaucoup plus modeste, des nuages ont fortement nui aux succès de nos travaux.[1]

En 1913, les instruments de South Kensington qui n'étaient logés que dans de légers baraquements en bois et en métal, furent transférés à l'Observatoire de

[1] *Archives Sc. phys. et nat.*, 1905, t. 20, p. 650.

Cambridge, et Lockyer dut tourner son activité d'un autre côté. Il fonda alors, avec la collaboration de quelques amis, un observatoire privé, muni de beaux instruments, à Salcombe Regis, Sidmouth (Devon). C'est là qu'il s'est éteint le 16 août 1920 à l'âge de 84 ans.

A côté de ses travaux astronomiques, dont nous n'avons pu relater ici qu'une faible partie, Lockyer s'intéressait à une foule d'autres questions, à l'archéologie en particulier. Il fut un conférencier très apprécié et un éducateur scientifique de son pays par le journal hebdomadaire illustré *Nature* qu'il avait fondé en 1869 et au cinquantenaire duquel il lui a été encore donné d'assister en novembre 1919.

Avec Sir Norman Lockyer disparaît une belle figure de pionnier de la science astro-physique après une longue et fructueuse carrière.

JAMES MASON CRAFTS[1]
(1839-1917)

Né à Boston, le 8 mars 1839, J.-M. Crafts avait montré de bonne heure un goût prononcé pour les sciences. Après des études poursuivies dans sa ville natale jusqu'en 1859, il fréquenta les universités de Fribourg, Heidelberg et Paris, où il entra en rapports personnels avec Helmholtz, Kirchhoff, Bunsen, Wurtz et Friedel; c'est au laboratoire de Wurtz qu'il se lia d'amitié avec Friedel.

De retour dans son pays, nous le trouvons en 1866-67 dans l'inspection des mines, en 1868-71 comme professeur de chimie à l'université de Cornell; il passe ensuite à l'Institut Technologique de Boston où il occupe la chaire de chimie organique pendant trois ans.

Des raisons de santé l'obligent en 1874 à prendre un congé durant lequel il se fixe une première fois à Paris, dont l'atmosphère scientifique avait pour lui un très grand attrait. Ce séjour devait se prolonger jusqu'en 1891, avec de nombreux voyages et stations à l'étranger. C'est de cette époque que datent ses premiers travaux en collaboration avec Friedel en chimie organique (composés organo-siliciques, synthèses au moyen du chlorure d'aluminium, etc.).

Au cours de séjours à Genève, surtout pendant la belle saison, d'abord au laboratoire d'Ador et Rilliet, puis à celui de Graebe, il effectue ses premières recherches de chimie physique sur les densités de vapeurs à très haute température, sur un nouveau thermomètre à gaz, sur les corrections des points d'ébullition, recherches qui furent alors très remarquées.

[1] Nécrologie extraite avec autorisation du Journal de Chimie Physique.

Rentré aux Etats-Unis, J.-M. Crafts reprend en 1892 l'enseignement de la chimie organique à l'Institut Technologique de Boston et le poursuit pendant cinq ans, pour assumer de 1898 à 1900 les fonctions de Président de cet Institut ; il s'y fit remarquer par ses dons remarquables d'administrateur.

A partir de 1900, il resigne ses fonctions officielles pour motif de santé et reprend ses chères études de laboratoire ; il les poursuit dès lors avec une inlassable énergie, autant que ses forces le lui permettaient. C'est ainsi qu'il aborde ses recherches remarquables sur les points fixes de thermométrie entre 100° et 400° et sur les tensions de vapeur de l'eau, de la naphtaline et de la benzophénone, publiées dans le *Journal de chimie physique* en 1913 et 1915. Il est inutile d'insister sur l'importance de ces beaux mémoires dans lesquels on admire tour à tour l'extraordinaire habileté expérimentale, le sens merveilleux des causes d'erreur, et la remarquable conscience de l'expérimentateur. La guerre mondiale n'a pas encore permis à l'opinion scientifique d'apprécier ces travaux comme ils le méritent. Avec le recul du temps ils seront certainement considérés comme des œuvres magistrales dont la documentation restera classique.

Peu après la publication de ses travaux de thermométrie, Crafts devait interrompre ses recherches de laboratoire. Il est décédé le 20 juin 1917 dans sa propriété de campagne de Ridgefield, Connecticut.

Dans la liste des 134 publications scientifiques de Crafts, la majorité concerne la chimie organique, et la plupart représente des collaborations avec son ami Friedel; 37 notes et mémoires touchent à la chimie physique dont il fut un des premiers à reconnaître l'importance dès que cette discipline se constitua en science indépendante sous l'impulsion de Van't Hoff et d'Ostwald. Crafts avait été membre ordinaire de la Société de physique depuis 1879. En 1893 il devint membre émérite.

YVES DELAGE
(1845-1920)

La biologie vient de perdre un de ses représentants les plus dinstingués. Yves Delage, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne et directeur de la Station biologique de Roscoff.

Né en 1854 à Avignon, Delage vint à Paris étudier la médecine et les sciences naturelles. Sous la direction de son maître, Lacaze-Duthiers, il se voua tout d'abord aux recherches de zoologie et débuta par de remarquables travaux sur l'appareil circulatoire des Edriophthalmes et sur l'évolution de la Sacculine. Son

attention se porta ensuite sur des groupes très différents du règne animal, dont il étudia avec autant de soins l'anatomie et l'histologie, que la physiologie et l'embryogénie. Les résultats de ses travaux sur les Eponges ont profondément modifié les idées que l'on se faisait du développement de ces animaux.

Ce qui permet de considérer Delage comme un des savants les plus remarquables de notre époque, c'est non seulement l'étendue de ses connaissances et la sûreté de son jugement, mais encore le soin avec lequel il a évité l'écueil de la spécialisation, pour explorer les domaines les plus divers de la science. Et partout, la trace de son passage a été marquée par d'importantes découvertes.

Dans ses études sur la fécondation et la parthénogénèse expérimentale, Delage obtint des résultats d'une grande importance et arriva à faire vivre jusqu'à l'âge adulte des Oursins provenant d'œufs fécondés artificiellement.

Une cruelle maladie des yeux, supportée avec un courage stoïque, obligea Delage à renoncer aux travaux de laboratoire et à orienter son activité vers l'étude de la biologie générale. En 1895 parut son livre sur *l'Hérédité et les grands problèmes de la biologie générale.* Dans cette œuvre capitale, qui eut une influence considérable sur la direction des recherches biologiques en France, Delage a résumé et soumis à une critique serrée toutes les théories biologiques et a exposé ses idées personnelles dans la dernière partie qui traite de la théorie des causes actuelles.

La publication de cet ouvrage donnait un état exact des résultats auxquels les recherches biologiques étaient arrivées. Mais Delage comprit que, pour entraîner les chercheurs dans la voie qu'il avait tracée, il fallait leur faciliter le travail en leur exposant chaque année les derniers progrès de la biologie. C'est alors qu'il entreprit la publication de l'*Année biologique* qui rend des services inappréciables en donnant le compte rendu critique des travaux paraissant chaque année en France et à l'étranger.

Parmi les œuvres importantes de Delage, il faut encore citer le *Traité de Zoologie concrète* pour lequel il s'était assuré la collaboration d'E. Hérouard, et dont 5 volumes ont paru.

La mort de ce grand naturaliste est un deuil cruel pour la France et pour la Science universelle[1].

[1] Notice rédigée par M. M. Bedot.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES.

Mathématiques.

M. C. CAILLER. Conférence sur les origines du principe de relativité.

Chimie.

MM. L. DUPARC et AGATSTEIN. Sur l'azoture de magnésium.

MM. P. WENGER et HEINEN. Etude de la solubilité des chloroplatinates de Potassium, Rubidium et Césium en vue de la séparation des métaux alcalins.

M. S. POSTERNAK. Sur la constitution chimique et la synthèse du principe phospho-organique de réserve des plantes vertes.

M. Al. EPSTEIN. L'activité d'un ferment en fonction de la tension superficielle.

Géologie, Minéralogie, Pétrographie.

MM. R. BOISSIER, L. REVERDIN, E. JOUKOWSKY. Les nappes d'eau souterraines de l'Arve.

MM. L.-W. COLLET et M. REINHARD. Relations entre le massif des Aiguilles Rouges et celui de l'Arpille (Valais).

M. E. JOUKOWSKY. La formation du Petit Lac (Léman).

MM. L. DUPARC et MABUT. Sur les roches vertes de la Syssertskaia datcha (Oural du Sud).

M. R. SABOT. La technique de Fédorof. Simplification au cours du travail et des reports. — Id. Les mâcles des feldspaths.

M. ED. PAREJAS. La partie S. W. du synclinal de Chamonix. — Id. Dogger fossilifère du Col de Balme (synclinal de Chamonix).

MM. L.-W. COLLET et ED. PARÉJAS. Le chapeau de sédimentaire des Aiguilles Rouges de Chamonix et le Trias du massif des Aiguilles Rouges-Gastern. — Id. Géologie du Schwarz Mönch (massif de la Jungfrau).

Botanique.

MM. R. CHODAT et L. CARISSO. Une nouvelle théorie de la myrmécophilie.

M. J. BRIQUET. Sur la présence d'acarodomaties foliaires chez les Cléthracées. — Id. Sur l'organisation et l'édaphisme des feuilles éricoïdes chez les Pertya phylicoïdes.

Zoologie.

M. Arn. PICTET. Recherches démontrant la non hérédité des caractères acquis.

M. A. NAVILLE. — L'origine des mitochondries chez les embryons de batraciens anoures.

Anatomie et Embryologie.

M. Eug. BUJARD. Un cas complexe d'hermaphrodisme vrai chez le porc.

Physiologie.

M[lle] L. STERN. Changements d'excitabilité des centres respiratoires bulbaires sous l'action de quelques substances médicamenteuses.

M[lle] L. STERN et M. R. GAUTIER. Rapports entre les liquides céphalo-rachidien, sous-arachnoïdien et ventriculaire.

M. F. BATTELLI et M[lle] L. STERN. Influence de la pression d'O_2 sur les oxydations, produites par les tissus animaux et par les ferments oxydants. — Id. L'excitation chimique des centres nerveux intraventriculaires. — Id. Oxydations et réductions fermentatives. — Id. Rôle général de la succinoxydone et de la fumarase dans les tissus animaux.

M. Eug. BUJARD. Injection de substances colorées dans les ventricules cérébraux et dans les espaces sous-arachnoïdiens.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 5.

ÉTUDE

DU

COLMATAGE DU VAL DES DIX

PAR

RAOUL BOISSIER

INTRODUCTION

En Suisse, le problème de l'utilisation de la houille blanche est de plus en plus à l'ordre du jour. Cette question est en effet si intimement liée à l'avenir économique de notre pays, qu'il n'est pas de palier, dans un cours d'eau, qui ne soit l'objet d'un projet de bassin d'accumulation et qu'il n'est pas dans nos montagnes de lac dont on n'ait projeté de surélever le niveau.

Mais comme la plupart de nos cours d'eau ont un régime glaciaire, soit avec étiage d'hiver, il est de toute importance de créer des réserves d'eau nous permettant de disposer d'énergie électrique durant la saison froide. Nous pouvons utiliser des lacs existants, dont le niveau est surélevé par un barrage, des plaines alluviales transformées par un barrage en lacs artificiels, ou des cours d'eau barrés dans une gorge.

La création d'un bassin d'accumulation nécessite des études très diverses où le géologue et l'ingénieur ont toute une série de problèmes à étudier de très près. Or, dans tout projet d'accumulation d'eau il faut tenir compte des conditions géographiques du lieu, ainsi que des conditions géologiques[1]. Ce ne sera qu'une

[1] *Les forces hydrauliques de la Suisse* (vol. 5) ; *Forces hydrauliques disponibles*. Dr L.-W. Collet, Berne, 1914.

fois ces conditions étudiées que l'on pourra savoir si un bassin d'accumulation peut être créé.

La Société de la Dixence ayant projeté la création d'un bassin d'accumulation au Val des Dix, nous avons été chargé de l'étude de la durée du remplissage du lac par les alluvions. Le Val des Dix, qui n'est que le prolongement du Val d'Hérémence (canton du Valais), se présente d'une façon très avantageuse pour l'aménagement d'un vaste bassin d'accumulation. Voyons maintenant si cet emplacement satisfait aux conditions que nous venons d'énumérer.

Au point de vue géographique nous nous trouvons en effet en présence d'une plaine alluviale, limitée en aval par un verrou rocheux, qui représente un lac creusé dans la roche en place par les glaciers et qui a été comblé par les alluvions de ses affluents. L'alimentation est assurée par une série d'affluents provenant de glaciers d'une étendue de 15,21 km^2 ; le bassin de réception est de 43,16 km^2. Le remplissage du futur lac par les alluvions fait l'objet de cette étude, et nous renvoyons le lecteur aux pages qui vont suivre. Quant aux questions géologiques, nous devons examiner si le bief à créer est étanche ; d'après Argan, le bassin est impérméable. Le barrage reposera sur le verrou de roche en place, formé par les micaschistes et gneiss qui franchissent la vallée.

ÉTUDE DU COLMATAGE

Le lac projeté aura près de 1 km. et demi de long avec une hauteur de retenue probable de 30 mètres.

Nous avons basé nos calculs sur les données suivantes :

1. Une série d'observations exécutées dans le courant de l'été 1919, et comprenant des prises d'échantillons d'eau sur la Dixence et ses affluents.

2. Deux séries d'observations de 24 heures pour déterminer les variations diurnes dans la teneur en alluvions en fonction du débit. Ces observations sont nécessaires dans un torrent à régime glaciaire où le débit dépend avant tout de la température de l'air.

3. Des courbes de l'appareil enregistrant continuellement les variations du niveau de l'eau et de la courbe des débits établie par le Service fédéral des Eaux au moyen de jaugeages exécutés au moulinet.

4. D'expériences faites sur des torrents glaciaires analogues, et notamment sur le Trient.

Matières charriées.

En nous basant sur ces données, nous avons déterminé le transport total des matières en suspension du 1er juin au 7 octobre 1919, période pendant laquelle le torrent charrie tout spécialement. Le reste de l'année, les débits sont très faibles et l'eau est presque claire. Pour la Dixence comme pour les autres cours d'eau que nous avons étudiés, nous avons constaté que *la courbe de la teneur en sable varie comme celle du niveau de l'eau.*

Cette conclusion, je m'empresse de le dire, n'est pas applicable à tous les cours d'eau, elle ne concerne que les torrents et cours d'eau glaciaires.

Au moyen de nos différentes prises d'échantillons, et à l'aide des séries de 24 heures, nous avons reconstitué la courbe de la teneur en matières en suspension dans l'eau de surface pour toute la période pendant laquelle les eaux du torrent sont chargées d'alluvions. En traduisant nos courbes en chiffres, nous arrivons aux résultats suivants :

PÉRIODE DU 1er JUIN AU 7 OCTOBRE 1919

MOIS	Matières en suspension en eau, en surface, en kg. par mois.	Matières en suspension passant dans le profil complet en kg.	Débits en m^3
Juin	9.796.433	15.674.293	14.753.664
Juillet	4.999.268	7.998.829	10.458.720
Août	8.541.163	13.665.861	14.234.400
Septembre	2.385.667	3.817.067	7.157.376
Octobre	120.450	192.720	1.048.896
Total	25.842.981	41.348.770	47.653.056

Nous trouvons ainsi pour la période s'étendant du 1er juin au 7 octobre, un charriage d'alluvions se montant à :

41.348.770 kg.

Nous pouvons approximativement fixer, en nous basant sur d'autres cas assez semblables, le poids de matières charriées pendant le reste de l'année à 500.000 kg. au maximum.

Ce qui nous donne pour l'année 1919 :

41.848.760 kg.

Chiffre que nous arrondissons à 42.000.0000 kg. soit 42000 tonnes.

Ce qui nous donne, en adoptant une densité[1] de 1,5 : 28.000 m³,

Le bassin étant de 43,16 km² nous avons donc une ablation annuelle de

$$\frac{28000}{43,16} = 648,7 \text{ m}^3 \text{ par km}^2.$$

Pour nous rendre compte de la durée du colmatage du lac projeté, nous nous sommes servi d'une courbe donnant le volume de la retenue. Afin de pouvoir mieux suivre la sédimentation, nous avons construit les courbes de la planche ci-jointe. L'une de ces courbes nous permet de nous rendre compte de la diminution de volume de la retenue due au colmatage pendant les cent premières années. L'autre courbe, à une échelle différente, donne une idée du remplissage complet du lac et son alluvionnement aux différents niveaux.

Nous n'avons pas fait de réduction pour la décantation incomplète des alluvions dans le lac, car dans le cas particulier, toute l'eau d'été, c'est-à-dire toute l'eau contenant des alluvions devant être retenue, il n'y a pas lieu de réduire le cube charrié.

Matières roulées sur le fond.

Il reste la question des matières roulées sur le fond. D'après nos calculs sur l'Arve, le rapport entre le cube charrié en suspension et celui roulé sur le fond est de 4,8 : 1. D'après l'étude faite par M. L.-W. Collet[2] à la Souste, sur le Rhône, en amont du barrage de Chippis, ce rapport est de 1 : 1.

Dans le cas du Rhône à la Souste, nous nous trouvons en présence d'un cours d'eau dans la partie supérieure à son bassin d'alimentation, où la pente est encore forte et par conséquent le charriage des galets roulés encore considérable. Dans le cas de l'Arve à Genève, par contre, nous sommes dans la partie tout à fait inférieure du bassin d'alimentation de ce cours d'eau, et la quantité de matériaux entrainés en suspension dans l'eau est de beaucoup plus considérable que celle des galets roulés sur le fond. Dans le cas qui nous occupe il est probable que nous devons nous rapprocher du rapport 1 : 1. Voyons ce que nous donne la formule de Wilhlem qui a été contrôlée par Collet[3], et que cet auteur admet comme applicable dans le cas d'un cours d'eau coulant dans des alluvions, ce qui est précisément le cas de la Dixence.

[1] Pour la question de la densité des alluvions, je renvoie le lecteur à l'étude de L.-W. Collet : *Le charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse :* Annales suisses d'Hydrographie, vol. 2, p. 12. Berne, 1916.

[2] Dr L.-W. Collet. *Le charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse :* Annales suisses d'Hydrographie, vol. 2, Berne 1916

[3] *Ibid.*

La formule de Wilhelm est :

$$q = 523\ QJ$$

Q est le débit moyen de la rivière considérée.
J sa pente.
q le volume moyen de gravier qu'elle entraine annuellement.

En 1919, pour la Dixence, nous avons :

$$Q = 1{,}71 \text{ m}^3 \text{ par seconde.}$$
$$J = \text{pente par mètre.}$$

Distance du glacier de Durand au profil d'étude = 5200 m.
Altitude du haut du bassin à Seïlon . . . . = 2280
Altitude au profil d'étude . . . . = 2150 »

Différence d'altitude = 130 m.

$$J = \frac{130.000}{5.200} = 0{,}025$$

$$Q = 523 \times 1{,}71 \times 25 = 22.358 \text{ m}^3$$

Nous avons donc le rapport

$$\frac{28.000}{22.358} = \frac{1{,}25}{1}$$

D'après ces différentes données sur le rapport entre le cube charrié en suspension, et celui roulé sur le fond, nous croyons pouvoir admettre en toute sécurité et au *maximum* un rapport égal à 1 : 1.

Nous pouvons prévoir qu'à chaque affluent correspondra un petit delta à partir duquel les matières fines se répandront dans le lac. En tenant compte de ces dernières données notre graphique peut être utilisé sans autre changement que la réduction de moitié des durées de remplissage, c'est-à-dire qu'en 750 ans, au lieu de 1500, le lac sera rempli.

CONCLUSION

En terminant nous tenons à faire remarquer que le cube des galets charriés représente un *maximum* et qu'il est probable que le lac aura, toutes choses égales d'ailleurs, une durée de plus de dix siècles.

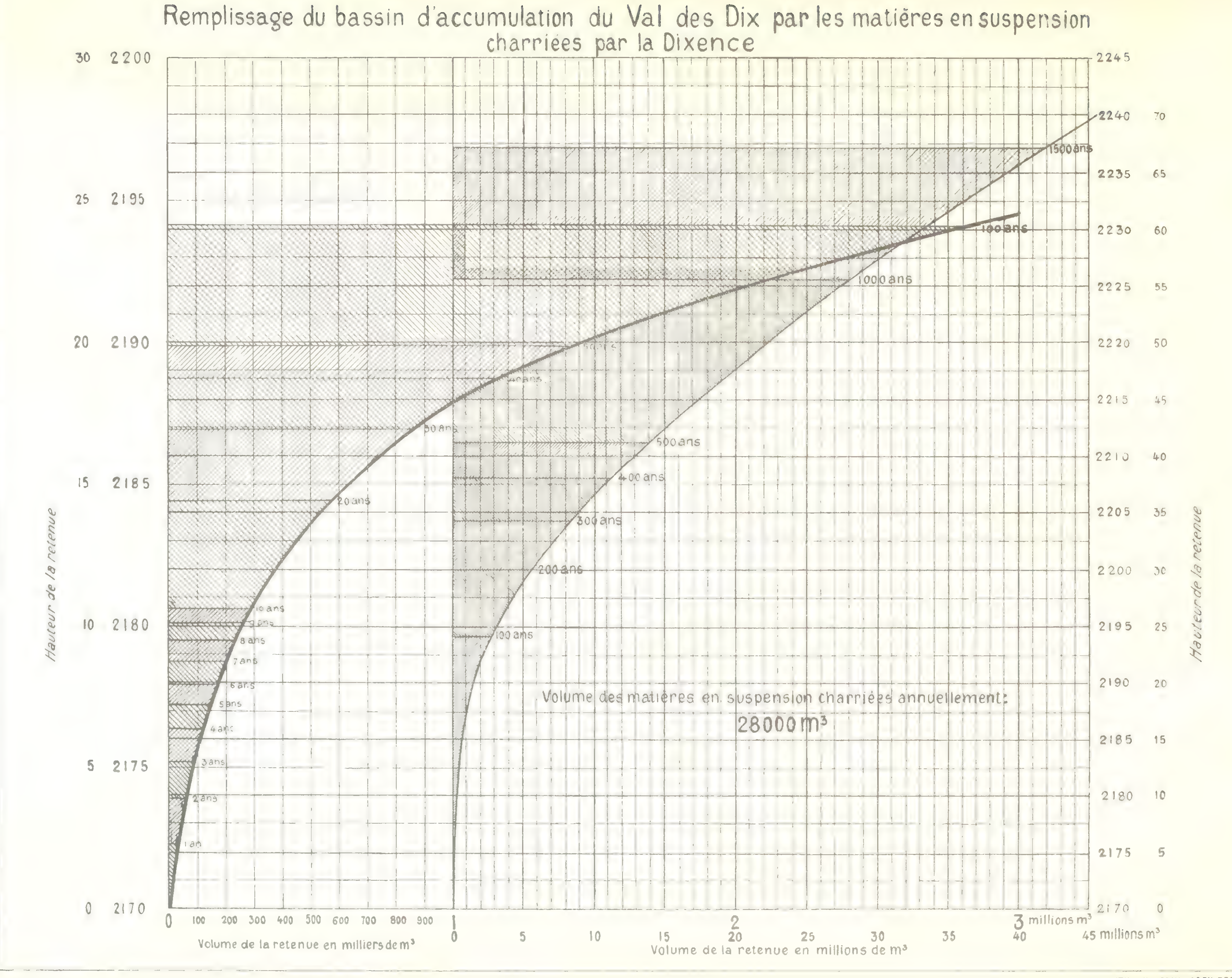
On nous demandera certainement si nous avons tenu compte dans nos calculs de la variation de la teneur en alluvions des eaux avec l'augmentation de la profondeur. Nous avons en effet attiré en 1916[1] l'attention des géologues et des géographes sur le fait que la charge en alluvions augmentait de la surface vers le fond. Pour la Dixence, nous avons tenu compte de ces variations quoique nous ayons eu affaire à un torrent glaciaire de faible profondeur. L'expérience nous a montré, que même dans de tels cas, il y avait une forte différence entre la teneur des matières en suspension à la surface et dans les couches d'eau sous-jacentes. Nous donnerons pour terminer un tableau qui permet de se faire une idée de la répartition des alluvions dans le profil en travers du Trient, torrent ayant beaucoup d'analogie avec la Dixence.

RÉPARTITION DES ALLUVIONS DANS LE PROFIL EN TRAVERS DU TRIENT

Ordonnée en mètre	1 50	2	3	4	5	6
Alluvion surface	0.249	0.325	0.591	0.725	0 343	0.320
Alluvion mi-profond	—	—	—	0.655	—	—
Alluvion fond	—	0.610	0.658	3 220	0.824	—

Les quantités d'alluvions sont données en grammes par litre.

[1] Raoul BOISSIER. *Archives des sciences physiques et naturelles.* Genève, avril 1916, p. 331 à 333.



Raoul BOISSIER. — ÉTUDE DU COLMATAGE DU VAL DES DIX.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 5

Recherches sur un cas d'Hérédité « sex-linked », la Drosophile à œil « barred »

PAR

Emile GUYÉNOT

Professeur à l'Université de Genève

Les recherches qui font l'objet de ce mémoire ont été effectuées sur des *Drosophila ampelophila,* mutation « barred eyes » que Th. H. MORGAN eut l'obligeance de m'adresser en 1913. Le mode d'hérédité de cette mutation a été l'objet d'un travail de SABRA COLBY TICE[1], en 1914.

Les Drosophiles normales ont des yeux hémisphériques, formés par la réunion d'ommatidies pigmentées de rouge sombre. Les yeux barred ont leurs ommatidies limitées à une aire en forme de barre ou bande transversale, à bords plus ou moins irréguliers. L'œil présente alors, sur un fond incolore, une bande rouge dont l'épaisseur et les contours sont assez variables. Ce caractère est apparu une seule fois, chez un mâle, au cours de croisements entre mouches à ailes longues et à ailes rudimentaires, dont les yeux étaient normalement constitués.

Au point de vue héréditaire, l'œil barred est un caractère dominant sex-linked, c'est-à-dire lié à la distribution du chromosome X. Le mâle, n'ayant dans le type Drosophile qu'un seul chromosome X, est nécessairement homozygote pour tous les caractères sex-linked. Les femelles peuvent être homozygotes ou hétérozygotes. Dans les croisements entre œil barred et œil rouge normal, les femelles hétérozygotes ont un aspect intermédiaire que j'appellerai œil *réniforme*. Toute la

[1] SABRA COLBY TICE. A new sex-linked character in Drosophila. *Biol. Bullet.* Vol. 26, p. 221-230. 1914.

moitié inférieure de l'œil est pigmentée, l'aire dépourvue d'ommatidies formant une simple encoche dans le bord supérieur de la zone pigmentée. Cette circonstance permet de reconnaître immédiatement les individus hétérozygotes.

Je rappellerai d'abord le schéma des deux croisements fondamentaux entre œil barred et œil rouge, tel qu'il résulte de l'explication chromosomique donnée par MORGAN et des recherches effectuées par SABRA COLBY TICE.

1er croisement.

P ♀ rouge × ♂ barred
F_1 ♀ réniformes + ♂ rouges
F_2 ♀ rouges + ♀ réniformes + ♂ rouges + ♂ barred.

Explication chromosomique.

P $X(r) - X(r)$ × $X(b) - 0$
F_1 $X(r) - X(b)$ + $X(r) - 0$
F_2 $X(r) - X(r) + X(r) - X(b) + X(r) - 0 + X(b) - 0$.

2me croisement.

P ♀ barred × ♂ rouge
F_1 ♀ réniformes + ♂ barred
F_2 ♀ barred + ♀ réniformes + ♂ barred + ♂ rouges.

Explication chromosomique.

P $X(b) - X(b)$ × $X(r) - 0$
F_1 $X(b) - X(r)$ + $X(b) - 0$
F_2 $X(b) - X(b) + X(b) - X(r) + X(b) - 0 + X(r) - 0$.

Technique. — Les mouches à œil barred expédiées par MORGAN en vrac, dans un flacon, furent réparties par couples en 15 tubes d'élevage sur de la levure stérilisée ou de la banane crue. Dans la plupart de ces tubes, les mouches ensemencèrent des moisissures et, par suite des mauvaises conditions qui en résultèrent, moururent sans descendance. Trois tubes seulement purent être conservés. L'un fournit une descendance barred absolument pure. Les deux autres montrèrent une proportion assez élevée de ♂ à yeux rouges et de ♀ réniformes. Comme je suis certain, en raison de la technique très perfectionnée employée pour la manipulation des mouches, qu'aucune contamination n'avait pu être apportée, ce résultat tient évidemment à ce que le flacon d'envoi renfermait, avec les barred pures, quel-

ques ♀ réniformes que mon absence de pratique du matériel ne m'avait pas permis de reconnaitre. Cette circonstance fut d'ailleurs heureuse, car elle me permit, par le croisement entre ♀ réniformes et ♂ rouges, d'obtenir une lignée pure *rouge américaine.*

Lignée barred et lignée rouge américaine furent amenées en condition aseptique par une méthode que j'ai précédemment décrite[1] et ne tardèrent pas à se multiplier intensément. J'ai eu entre les mains, de janvier à août 1914, plusieurs dizaines de milliers de mouches appartenant à ces deux lignées qui se sont maintenues sans modifications. La plupart des essais dont je vais rapporter les résultats ont dû être abandonnés, en août 1914, et n'ont, pour cette raison, fourni que des chiffres très inférieurs à ceux qui auraient pu être obtenus.

Ire série. — Croisements Barred × Rouge américaine.

Les deux croisements fondamentaux m'ont fourni des résultats identiques à ceux rapportés par SABRA COLBY TICE.

Croisement ♀ rouge × ♂ barred :

927 ♀ réniformes[2] + 1025 ♂ rouges = 1952.

Croisements ♀ barred × ♂ rouge :

1740 ♀ réniformes + 1682 ♂ barred = 3422.

1 ♀ avait les yeux entièrement rouges, sans trace d'échancrure.

Le croisement des individus F_1 de chaque série donna les 4 types F_2 prévus.

Je me suis attaché surtout à l'étude de la deuxième génération et j'ai voulu notamment me rendre compte si les individus F_2 provenant du croisement P : ♀ rouge × ♂ barred étaient identiques à ceux du croisement P réciproque : ♀ barred × ♂ rouge. Je désignerai les deux catégories d'individus par la notation suivante :

1°) P = ♀ barred × ♂ rouge.			2°) P = ♀ rouge × ♂ barred		
F_2	♀ barred	♀ b	F_2	♀ rouges	♀ R*
	♀ réniformes	♀ r		♀ réniformes	♀ r*
	♂ barred	♂ b		♂ rouges	♂ R*
	♂ rouges	♂ R		♂ barred	♂ b*

[1] *Bullet. biolog. France et Belgique*, 1917.

[2] 9 ♀ étaient d'aspect presque barred, mais se comportèrent comme des réniformes vraies.

Entre ces 8 types, 16 croisements étaient possibles:

1 — ♀ R* × ♂ R*	9 — ♀ b × ♂ b
2 ♀ R* · ♂ b*	10 b · R
3 — ♀ R* × ♂ R	11 — ♀ b × ♂ b*
4 ♀ R* · b	12 – b · ♂ R*
5 — ♀ r* × ♂ R*	13 — ♀ r × ♂ b
6 — ♀ r* × ♂ b*	14 — ♀ r × ♂ R
7 — ♀ r* × ♂ R	15 — ♀ r × ♂ b*
8 — ♀ r* × ♂ b	16 — ♀ r × ♂ R*

A. Croisements 1 et 3.

Croisement 1: ♀ R* × ♂ R*. Sur onze couples formés, cinq restèrent stériles. Les autres ont fourni les résultats suivants:

Couple 1	130 ♀ rouges		125 ♂ rouges		= 255
» 2	222	»	220	»	= 442
» 3	49	»	68	»	= 117
» 4	200	»	237	»	= 437
» 5	49	»	49	»	= 98
» 9	156	»	132	»	= 288
Totaux	806		831	»	= 1637

L'étude des trois générations ultérieures montra que l'on avait bien affaire à une lignée rouge pure.

Croisement 3: ♀ R* × ♂ R. Sur quatre couples formés, trois restèrent stériles.

Couple 1	95 ♀ rouges	104 ♂ rouges	= 199

La lignée rouge ainsi obtenue se maintint pure comme la précédente dans les générations ultérieures.

B. Croisements 2 et 4.

Croisement 2: ♀ R* × ♂ b*. Sur quatre couples, un fut stérile.

Couple 1	60 ♀ réniformes		51 ♂ rouges		= 111
» 2	28	»	29	»	= 57
4	181	»	186	»	= 367
Totaux	269		266		535

Deux des ♀ réniformes du couple 1 avaient presque l'aspect barred.

Croisement 4 : ♀ R* × ♂ b. Cinq couples ont été suivis dont 1 fut stérile.

Couple 1	76 ♀ réniformes	72 ♂ rouges	= 148
2	68 »	63 »	= 131
» 4	3 »	0 »	= 3
» 5	177 »	145 »	= 322
Totaux	324	280	604

La ♀ du couple 4 mourut accidentellement le premier jour. Deux des ♀ réniformes du couple 2 avaient des yeux presque barred. Dans le couple 5, une des ♀ avait un œil presque barred, une autre avait un œil nettement réniforme, l'autre œil étant *entièrement rouge* sans trace d'échancrure.

Dans ces deux croisements, les résultats sont ceux que permettait de prévoir la théorie et identiques à ceux que fournirait un croisement P entre deux races barred et rouges pures. Les ♀ presque barred observées ont montré par leur descendance qu'elles avaient bien la constitution hétérozygote.

C. Croisements 9 et 11.

Croisement 9 : ♀ b × ♂ b. Six couples furent essayés dont un resta stérile.

Couple 1	191 ♀ barred	162 ♂ barred	= 353
» 2	71 »	93 »	= 164
» 3	10 »	11 »	= 21
» 4	90 »	113 »	= 203
» 6	146 »	176 »	= 322
Totaux	508	555	1063

Dans le couple 4, une des ♀ avait l'aspect réniforme. Il n'a pas été possible d'en suivre la descendance pour savoir si l'on avait seulement affaire à une ♀ barred un peu anormale.

Croisement 11 : Les quatre couples formés demeurèrent stériles.

La lignée barred obtenue par le croisement 9 et suivie pendant trois générations est restée parfaitement pure.

D. Croisements 10 et 12.

Croisement 10 : ♀ b × ♂ R. Sur six couples, quatre furent stériles.

Couple 1	213 ♀ réniformes	178 ♂ barred	= 391
» 2	88 »	84 »	= 172
Totaux	301	262	563

Dans le couple 1, quatre ♀ avaient le type barred correspondant à une dominance plus marquée.

Croisement 12 : ♀ b × ♂ R*. Un seul couple fécond.

Couple 1 51 ♀ réniformes 49 ♂ barred = 100.

E. Croisements 5, 7, 14 et 16.

La théorie prévoit que la descendance sera formée de ♀ rouges, ♀ réniformes, ♂ rouges et ♂ barred en nombres égaux.

Croisement 5 : ♀ r* × ♂ R*. Cinq couples dont 1 stérile furent essayés.

Couple 1 :	58 ♀ rouges	83 ♀ rénif.	61 ♂ rouges	57 ♂ barred	= 259
2 :	22 »	29 »	43 »	43 »	= 137
» 3 :	29 »	29 »	30 »	29 »	= 117
4 :	16 »	12 »	25 »	22 »	= 75
Totaux	125	153	159	151	588

Croisement 7 : ♀ r* × ♂ R.

Couple 1	58 ♀ rouges	74 ♀ rénif.	55 ♂ rouges	51 ♂ barred	= 238
» 2	8 »	5 »	4 »	1 »	= 18
» 3	3 »	6 »	3 »	6 »	= 18
» 4	49 »	57 »	35 »	58 »	= 199
Totaux	118	142	97	116	473

Dans une autre expérience, plusieurs couples ayant été suivis en vrac jusqu'à leur mort, on obtint les chiffres suivants :

♀ rouges	1728
♀ réniformes	1768
♂ rouges	1758
♂ barred	1698
Total	6952

Croisement 14 : ♀ r × ♂ R.

Couple 1	34 ♀ rouges	35 ♀ rénif.	23 ♂ rouges	22 ♂ barred	= 114
2	30 »	34 »	29 «	35 »	= 128
Totaux	64	69	52	57	242

Une des ♀ issue du couple 1 avait un œil nettement réniforme, l'autre *entièrement rouge.*

Croisement 16 : ♀ r × ♂ R*.

Couple 1	56 ♀ rouges	49 ♀ rénif.	48 ♂ rouges	57 ♂ barred	= 210
» 2	12 »	18 »	17 »	12 »	= 59
Totaux	68	67	65	69	269

Les résultats de ces quatre croisements sont nettement identiques.

F. Croisements 6, 8, 13 et 15.

La théorie permet de prévoir une descendance formée de ♀ barred, ♀ réniformes, ♂ barred et ♂ rouges en nombres égaux.

Croisement 6 : ♀ r* × ♂ b*.

Couple 1	24 ♀ barred	29 ♀ rénif.	32 ♂ barred	20 ♂ rouges	= 105
» 2	44 »	35 »	31 »	24 »	= 134
» 3	74 »	89 »	88 »	76 »	= 327
» 4	37 »	34 »	34 »	28 »	= 133
« 5	48 »	43 »	55 »	39 »	= 185
Totaux	227	230	240	187	884

Un essai fait avec plusieurs couples en vrac a donné les chiffres suivants :

♀ barred	495
♀ réniformes	535
♂ barred	495
♂ rouges	438
Total	1963

Croisement 8 : ♀ r* × ♂ b.

Couple 1	30 ♀ barred	30 ♀ rénif.	29 ♂ barred	32 ♂ rouges	= 121
» 2	44 »	54 »	39 »	48 »	= 185
Totaux	74	84	68	80	306

Croisement 13 : ♀ r × ♂ b.

Couple 1	10 ♀ barred	7 ♀ rénif.	11 ♂ barred	8 ♂ rouges	= 36
» 2	5 »	13 »	8 »	8 »	= 34
» 3	119 »	124 »	129 »	120 »	= 492
Totaux	134	144	148	136	562

Croisement 15 : ♀ r × ♂ b ★.

Couple 1	91 ♀ barred	114 ♀ rénif.	114 ♂ barred	91 ♂ rouges	= 410
» 2	15 »	8 »	8 »	5 »	= 46
Totaux	106	122	122	96	446

Ici encore les résultats des quatre croisements sont identiques.

Si on additionne les résultats de tous les croisements d'un même groupe on obtient les chiffres globaux suivants :

F. 2		F. 3
♀ rouge × ♂ rouge	=	907 ♀ rouges + 935 ♂ rouges = 1836
♀ barred × ♂ barred	=	508 ♀ barred + 555 ♂ barred = 1063
♀ rouge × ♂ barred	=	593 ♀ rénif. + 546 ♂ rouges = 1139
♀ barred × ♂ rouge	=	352 ♀ rénif. + 311 ♂ barred = 663

♀ réniforme × ♂ rouge	=	♀ barred	1036
		♀ réniformes	1115
		♂ barred	1073
		♂ rouges	937
			4161
♀ réniforme × ♂ barred	=	♀ rouges	2103
		♀ réniformes	2199
		♂ rouges	2131
		♂ barred	2091
			8524

Conclusion. Il résulte des expériences précédentes que les différents types apparus à la deuxième génération se comportent de la même manière quel que soit le croisement P dont ils dérivent. Les individus rouges et barred se comportent comme des individus de race pure. Les ♀ réniformes donnent les mêmes résultats que les hétérozygotes de la 1[re] génération. On n'observe aucun mélange des deux races, rien qui rappelle les faits observés par Bellair dans ses croisements entre races de Tabacs. La ségrégation des unités héréditaires est parfaite. Les seules anomalies observées se rapportent à la question secondaire de dominance qui généralement incomplète peut être quelquefois absolue (♀ hétérozygotes du type barred).

IIe série. Croisement répété pendant 7 générations.

Dans le but de vérifier si aucun accident dans la séparation des unités héréditaires ne pouvait résulter d'une hybridation réitérée, j'ai entrepris une expérience qui devait être fort longue, mais que les circonstances ne m'ont permis de suivre que pendant sept générations.

Ayant croisé des ♀ barred pures avec des ♂ rouges purs, j'ai obtenu à la première génération des ♀ réniformes et des ♂ barred. Ces individus F_1, croisés entre eux, donnèrent une deuxième génération formée de ♀ et ♂ barred, de ♀ réniformes et de ♂ rouges. Les individus de ces deux dernières catégories, croisés entre eux à nouveau, donnèrent une troisième génération constituée comme la précédente. J'ai croisé à nouveau entre eux les ♀ réniformes et les ♂ rouges F_3 et ce croisement a été maintenu jusqu'à la 7e génération.

Ce croisement ♀ réniformes × ♂ rouges, bien que renouvelé à chaque génération, n'a déterminé aucune modification ni des types observés, ni de leur pourcentage. La segrégation s'est faite avec la plus grande régularité.

III série. Croisement barred × Rouge parisienne.

Toutes les expériences qui précèdent ont été effectuées en croisant la lignée barred et la lignée rouge américaine que j'avais extraite des mouches envoyées par Morgan. Il était intéressant de rechercher si les *Drosophila ampelophila* à yeux rouges que j'élevais depuis plusieurs années, et qui descendaient d'ancêtres capturés dans la région parisienne, se comporteraient dans les croisements comme la souche américaine. Les deux lignées parisienne et américaine étant vraisemblablement séparées depuis des durées considérables, on pouvait penser qu'une différence entre elles ne serait pas impossible.

J'ai refait les deux croisements fondamentaux entre mouches barred et mouches rouges parisiennes et suivi les deux générations filiales. Les résultats, qu'il est inutile de rapporter en détail, ont été rigoureusement identiques à ceux fournis par les croisements avec la lignée américaine. La seule anomalie constatée en F_1, fut l'existence de deux ♀ dont l'œil gauche était typiquement réniforme, tandis que l'œil droit était réduit à une petite tache rouge punctiforme, sans que l'on observât aucune trace de la zone incolore habituelle, caractérisée par l'absence d'ommatidies.

IV. Observations sur l'ordre de ponte et la loi des grands nombres.

L'interprétation des pourcentages observés dans l'hérédité mendélienne repose sur l'égalité numérique des différentes sortes de gamètes purs, résultant elle-même des hasards de la réduction chromatique et sur l'égalité des chances de fécondation de tous les gamètes par un autre gamète quelconque. Aussi, en théorie, semble-t-il que toutes les combinaisons possibles ne peuvent être réalisées suivant la même probabilité que si l'on obtient de très grands nombres de descendants. Ce nombre paraît devoir être d'autant plus grand que le nombre des combinaisons est plus élevé. Il y a là une objection que l'on adresse fréquemment aux travaux de génétique faits sur des organismes dont la faible fécondité limite nécessairement la postérité.

J'ai donné dans les pages précédentes des chiffres globaux correspondant à la descendance de couples suivis séparément. Or, j'avais disposé les expériences de façon à pouvoir recueillir des indications empiriques sur les nombres minima de descendants nécessaires pour observer les différents types qui devaient apparaître et me rendre compte à partir de quel chiffre les pourcentages tendaient à s'égaliser. Dans ce but, tous les couples étaient transportés dans de nouveaux tubes tous les jours ou tous les deux à trois jours. La ponte de chaque couple s'est trouvée ainsi fragmentée en lots d'importance variable.

Voici quelques chiffres correspondants aux lots de ponte de 7 couples ♀ réniformes × ♂ barred.

	♀ barred	♀ réniformes	♂ rouges	♂ barred	Totaux
1er couple	0	0	0	2	2
	7	3	9	4	23
	3	4	2	2	[11]
2me couple	5	8	13	8	34
3me couple	2	3	8	4	[17]
	2	1	2	0	5
4me couple	20	20	24	15	79
	4	9	8	5	26
5me couple	21	17	11	12	61
	23	18	20	12	73

	♀ barred	♀ réniformes	♂ barred	♂ rouges	Totaux
6me couple	26	25	22	22	95
	17	23	27	19	86
	18	25	21	18	82
	11	13	16	15	55
	2	3	2	2	| 9 |
7me couple	19	17	15	10	61
	13	16	22	21	72
	12	6	17	5	40
8me couple	69	75	67	53	264
	14	22	13	27	76
	60	64	47	50	221
	45	46	43	45	179
	41	53	50	56	200

Voici des chiffres relatifs au croisement ♀ réniformes × ♂ rouges.

	♀ rouges	♀ réniformes	♂ rouges	♂ barred	Totaux
1er couple	16	27	14	20	77
	22	30	26	23	101
	20	26	21	14	81
2me couple	6	9	12	21	48
	10	15	23	16	64
	5	3	5	4	| 17 |
	1	2	3	2	| 8 |
3me couple	19	28	23	27	97
	16	19	15	14	64
	23	27	17	10	77
4me couple	7	5	4	1	| 17 |
	6	4	4	7	| 21 |
	2	5	7	2	| 16 |
5me couple	3	3	6	6	| 18 |
	6	9	2	4	| 21 |
	17	16	16	17	66
	22	25	20	23	80

	♀ rouges	♀ réniformes	♂ rouges	♂ barred	Totaux
6me couple	27	15	22	16	80
	7	6	12	6	31
	0	2	1	0	3

Si l'on examine les plus petits lots qui ont présenté les quatre types, on voit que le nombre de descendants formant ces lots oscille entre 8 et 25. On peut pratiquement dire — et cela est confirmé par l'examen de tous les couples dont quelques-uns seulement viennent d'être rapportés — que les lots 15 à 25 renferment toujours les quatre types de descendants, suivant des pourcentages évidemment très irréguliers. Dans les lots comportant 50 à 100 descendants, les pourcentages se rapprochent nettement de ceux fournis par des descendances infiniment plus nombreuses. Ces constatations montrent que l'obtention de nombres considérables n'est pas toujours une nécessité absolue et que des nombres relativement faibles peuvent déjà donner d'utiles indications.

Ces recherches confirment pleinement les résultats annoncés par Th. H. Morgan et sont conformes à ses vues théoriques. Entreprises d'une façon tout à fait indépendante et même sous l'inspiration d'une certaine méfiance vis-à-vis des méthodes employées par le savant américain, elles contribueront peut-être, par leur publication, à renforcer l'œuvre de Morgan qui est actuellement l'objet d'âpres critiques que je considère comme injustifiées.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXVIII (1884-1921). Prix Fr. 50

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6



Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

Fascicule 6

Vérification expérimentale de la Formule de Lorentz-Einstein

faite au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève

par **Ch.-Eug. GUYE**

Professeur de Physique à l'Université de Genève

EN COLLABORATION SUCCESSIVE AVEC

S. RATNOWSKY et **Ch. LAVANCHY**

Avec 3 planches hors texte et 11 figures dans le texte.

GENÈVE

GEORG & Cie

BALE et LYON même maison.

Prix : **Fr. 20.—**

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 6

VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE
DE LA
FORMULE DE LORENTZ-EINSTEIN
FAITE AU LABORATOIRE DE PHYSIQUE
DE L'UNIVERSITE DE GENÈVE

PAR

Ch.-Eug. GUYE
Professeur de Physique à l'Université de Genève

EN COLLABORATION SUCCESSIVE AVEC

S. RATNOWSKY et **Ch. LAVANCHY**

Avec 3 planches hors texte et 11 figures dans le texte.

AVANT-PROPOS

Les travaux qui font l'objet de ce mémoire ont été entrepris à la suite des discussions auxquelles avaient donné lieu les expériences bien connues de Kaufmann sur la variation d'inertie des corpuscules β du radium. Ces expériences avaient en effet montré la variation d'inertie des corpuscules β en fonction de la vitesse, mais elles étaient insuffisamment précises pour permettre de trancher la question de savoir si cette variation était conforme à la théorie d'Abraham (électron sphérique, indéformable) ou s'il fallait tenir compte dans cette variation de la contraction de Lorentz-Einstein, conformément au principe de relativité. Les dimensions des clichés obtenus par Kaufmann n'étaient en effet guère plus grandes que celles d'un ongle et les interprétations subtiles données des courbes obtenues concluaient tantôt en faveur de l'une et tantôt en faveur de l'autre théorie. Cependant deux ans plus tard,

M. Bucherer entreprit de nouvelles déterminations qui sans permettre de trancher définitivement la question étaient cependant plus favorables à la théorie de Lorentz-Einstein qu'à celle d'Abraham.

L'idée me vint alors de chercher à attaquer le problème par l'étude des rayons cathodiques de grande vitesse. Mais la production de ces rayons, que l'on ne peut obtenir que dans des vides très poussés, présente au point de vue expérimental de sérieuses difficultés. En outre, il faut faire choix d'une méthode qui permette avec une exactitude aussi grande que possible de déceler la différence entre les deux théories. Après examen attentif des dispositifs les mieux appropriés au but à atteindre, je me suis arrêté à la méthode que j'ai appelée *méthode des trajectoires identiques*, laquelle, comme nous le verrons plus loin, présente le très grand avantage d'éliminer dans la comparaison des deux théories, l'évaluation toujours délicate des intégrales de champ. Cette méthode dont la théorie et les avantages ont été exposés en détails dans les deux mémoires dont nous donnerons ci-après des extraits est une méthode de déviation constante. Elle est particulièrement avantageuse lorsque les champs que traversent les rayons cathodiques ne sont pas uniformes; c'est là un point essentiel sur lequel j'ai cru devoir tout particulièrement insister (C. R. de l'Acad., 7 fév. 1910). Je tiens à rappeler toutefois qu'antérieurement à nos travaux M. J. Malassez, sans préciser, comme nous l'avons fait, les avantages que présente la méthode de déviation constante dans le cas des champs non uniformes, avait cependant utilisé une méthode analogue en vue des belles recherches qu'il a effectuées à l'instigation de M. le Prof. P. Langevin sur la relation entre le potentiel de décharge et la vitesse des rayons cathodiques (C. R., t. 141, p. 884, 1905)[1].

C'est en 1907 que nous avons commencé au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève, les premiers travaux relatifs à l'inertie des rayons cathodiques de grande vitesse. Je m'adjoignis alors pour ces recherches l'un de mes étudiants, M. Simon Ratnowsky, qui fut mon collaborateur dévoué pendant deux années.

Le 6 juillet 1909 une communication préliminaire rendait compte des premiers résultats obtenus (*Arch.*, t. 27, p. 290, 1909). Mais la revision des calculs ne fut effectuée que plus tard, et le 24 décembre 1909 le communiqué suivant était adressé au secrétaire de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève; lecture en fut donnée en séance du 6 janvier 1910.

« Le présent travail a été effectué en collaboration par MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky « par une méthode proposée par M. C.-E. Guye, et caractérisée par le fait que les rayons « cathodiques suivent des trajectoires identiques dans des champs semblables. Les premiers « résultats de cette étude ont été présentés à la Société de Physique et d'Histoire naturelle

[1] Voir aussi C.-E. Guye et S. Ratnowsky, *Arch. 1911*, t. 31 (4me), p. 295.

« de Genève le 6 juillet 1909; ils concluaient à la supériorité de la formule de Lorentz sur celle « d'Abraham. Les résultats que nous communiquons aujourd'hui ont confirmé pleinement « cette manière de voir. Le tableau suivant [1] résume 23 séries d'expériences.

Vitesse des rayons	*Hypothèse de Lorentz*		Différences	*Hypothèse d'Abraham*		Différences
	$\frac{\mu}{\mu_0}$ Expérience	$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ Calcul		$\frac{\mu}{\mu_0}$ Expérience	$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ Calcul	
64850 $\frac{\text{km}}{\text{sec}}$	1,025	1,024	+ 0,001	1,021	1,019	+ 0,002
85400 »	1,047	1,043	+ 0,004	1,039	1,034	+ 0,005
95740 »	1,064	1,055	+ 0,009	1,058	1,043	+ 0,015
108750 »	1,061	1,071	— 0,010	1,054	1,058	— 0,004
116970 »	1,084	1,085	— 0,001	1,077	1,068	+ 0,009
123175 »	1,093	1,096	— 0,003	1,086	1,076	+ 0,010
126050 »	1,112	1,102	+ 0,010	1,105	1,081	+ 0,024
134000 »	1,123	1,118	+ 0,005	1,116	1,093	+ 0,023
141350 »	1,133	1,133	0,000	1,126	1,103	+ 0,023
144900 »	1,151	1,143	+ 0,008	1,139	1,110	+ 0,029
152790 »	1,169	1,163	+ 0,006	1,157	1,124	+ 0,033

« La formule de Lorentz est vérifiée dans la limite des erreurs d'expérience; les diver- « gences avec la formule d'Abraham dépassent ces limites. »

C.-E. Guye. S. Ratnowsky.

Une note plus détaillée concernant la méthode et l'ensemble de tous les résultats obtenus (27 séries d'expériences) fut envoyée peu de temps après à l'Académie des Sciences de Paris (séance du 7 février 1910). La conclusion de cette note, après examen approfondi des résultats, fut un peu moins catégorique que celle de la note précédente. Nous croyons bien faire de la reproduire ici, car elle résume de façon définitive la première étape parcourue dans ces recherches.

« Il résulte de ces chiffres que des deux formules proposées, celle de Lorentz « paraît seule donner des résultats compatibles avec l'expérience. Les divergences « avec la formule d'Abraham atteignent presque 4 %, alors qu'avec la formule « de Lorentz elles sont d'environ 1 à 2 %.

Le mémoire complet relatif à cette première partie de nos recherches fut publié dans les Archives des Sciences physiques et naturelles, en avril 1911.

En résumé, cette première étape avait conduit aux conclusions suivantes: la formule d'Abraham était nettement en désaccord avec l'expérience; la formule de

[1] Les chiffres de ce tableau ne coïncident pas tout à fait avec ceux des tableaux définitifs, d'une part parce que ce tableau ne comprend que 23 séries d'expériences au lieu de 27, et d'autre part parce qu'une petite erreur systématique, sans importance pour les conclusions, s'était glissée dans le calcul de la valeur absolue des vitesses.

Lorentz-Einstein, tout en étant compatible avec nos résultats, n'était cependant pas vérifiée avec une exactitude suffisante.

Je résolus donc de reprendre une nouvelle série d'expériences en y apportant d'importants perfectionnements de façon à en augmenter considérablement la précision. Mais, par suite de diverses circonstances et en particulier d'un surcroit d'occupations résultant pour moi de la charge de Doyen de la Faculté des Sciences que j'avais acceptée, cette nouvelle série ne put être entreprise que plus tard (Avril 1913).

Une des principales causes d'erreur des expériences précédentes résultait de la variation rapide que subit la dureté du tube au cours d'une même série de mesures ; je décidai donc de substituer à l'observation directe des déviations, un enregistrement photographique beaucoup plus rapide. La méthode ne serait plus, il est vrai, rigoureusement celle des trajectoires identiques, mais il suffirait d'y apporter de très petites corrections, faciles à effectuer par une étude préliminaire, pour rendre à la méthode toute sa sécurité.

Les inconvénients des variations de dureté du tube devaient être ainsi considérablement réduits et les résultats obtenus enregistrés photographiquement auraient alors une entière objectivité.

En outre la photographie de points de repère fixes tracés sur le fond du tube permettrait d'éliminer les erreurs provenant de l'extension ou de la contraction de la gélatine.

Telles furent les idées directrices qui ont servi de point de départ à notre second travail.

Pour mener à bien cette seconde partie de notre tâche, je me suis adjoint M. Ch. Lavanchy, alors étudiant à l'Université de Genève, en qui j'ai trouvé un collaborateur aussi consciencieux qu'habile.

Les résultats de cette seconde série d'expériences furent alors tout à fait concluants. Ils furent présentés à la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève le 1er juillet 1915 (*Arch. 1915*, t. 40, p. 166) et parurent aux C. R. de *l'Académie des Sciences* le 19 juillet 1915 (C. R., t. 161, 1915, p. 52) sous une forme plus complète. Ils ont été communiqués en outre à la Société helvétique des Sciences naturelles le 14 septembre 1915 (*Arch. 1915*, t. 40, p. 334). Enfin le mémoire complet parut aux *Archives des Sciences physiques et naturelles* (t. 42, oct., nov., déc. 1916).

Mais un périodique tel que les *Archives* ne pouvait publier *in extenso* le relevé complet des diverses données d'expériences qui ont servi à établir les tableaux définitifs. L'importance du sujet nous faisait cependant un devoir de mettre en

regard des tableaux où figurent les résultats définitifs, les données directes de l'observation qui ont servi à les établir. Cette publication a malheureusement été beaucoup retardée, en grande partie du fait des circonstances de la guerre ; c'est elle que nous présentons aujourd'hui.

Nous avons donc fait figurer dans ce mémoire d'une part quelques considérations générales sur l'inertie électromagnétique et la dynamique des grandes vitesses ainsi qu'un court exposé historique des recherches antérieures, d'autre part un extrait des principaux chapitres des deux mémoires dont nous venons de rappeler la genèse. Nous y avons ajouté les données expérimentales directes et les tableaux complets relatifs au calcul des expériences par la formule d'Abraham, tableaux que nous avions cru devoir laisser de côté dans le mémoire de 1916 par suite du manque de place et de leur moindre importance. Enfin nous avons joint à cet ensemble, dans un appendice, un résumé des principales formules utilisées dans la théorie de l'inertie électromagnétique et quelques tableaux destinés à rendre plus facile la comparaison des deux théories. Nous espérons que ces données seront de nature à abréger la tâche de tous ceux qui seront appelés à effectuer des travaux dans des domaines analogues.

Genève, le 30 juin 1921.

C.-E. G.

DYNAMIQUE DES GRANDES VITESSES.

La mécanique newtonienne. — Pendant plus de deux siècles aucune science ne parut plus solidement et plus définitivement assise que la *mécanique rationnelle* telle que l'avaient créée Galilée et Newton.

Il semblait que la simplicité des postulats qui sont à sa base en faisait une science « de tout repos ». Aussi le physicien éprouvait-il une satisfaction toute particulière chaque fois que tel ou tel phénomène venait trouver son explication dans quelque image empruntée au domaine de cette science modèle.

A l'heure actuelle, l'importance de la mécanique n'est en rien diminuée, mais ses bases et ses postulats ont été en quelque sorte revisés et élargis. Tel est en particulier le cas de la notion fondamentale de *masse* dont nous avons à nous occuper présentement.

Ainsi que l'a indiqué M. Langevin, dans le brillant exposé qu'il a fait de cette question[1], la notion de masse peut être introduite en mécanique de trois façons différentes :

[1] *L'inertie de l'énergie et ses conséquences*, Journal de physique, p. 553, 1913.

1° La masse peut être envisagée comme *coefficient d'inertie;* elle est alors définie par l'expression

$$f = m_1 \frac{dv}{dt} \tag{1}$$

qui signifie qu'il y a proportionnalité entre la force f qui agit sur un corps et l'augmentation de vitesse qu'elle lui communique dans l'unité de temps.

2° La masse peut être considérée comme *capacité d'impulsion*, ou de *quantité de mouvement;* l'expression qui la définit est, dans ce cas

$$G = mv. \tag{2}$$

G étant la somme géométrique des impulsions élémentaires, $f.dt$, communiquées au corps à partir du repos.

3° Enfin, on peut considérer la masse *comme capacité d'énergie cinétique;* elle correspond alors à la formule bien connue

$$W = \frac{1}{2}(m)v^2. \tag{3}$$

Dans la mécanique newtonienne, ces trois définitions de la masse conduisent à une même valeur de m, et de plus, *ce coefficient m demeure une constante pour un même corps;* il est en particulier absolument indépendant de la vitesse avec laquelle le corps peut se mouvoir.

L'Inertie électromagnétique. — Comme la propriété d'inertie attribuée à la matière constitue un des postulats fondamentaux qui sont à la base de la mécanique rationnelle, cette science ne s'était guère préoccupée de donner une explication quelconque de cette propriété fondamentale, considérée a priori comme inhérente à la matière. Mais l'étude de l'électromagnétisme n'a pas tardé à montrer que les phénomènes d'induction et particulièrement de self-induction présentaient une grande analogie avec les phénomènes d'inertie et qu'ils pouvaient même fournir une ingénieuse explication de cette propriété, à la condition de prendre comme point de départ les équations du champ électromagnétique, telles que les avaient posées Maxwell et ses successeurs.

Le problème d'une sphère électrisée (ou mieux d'un électron sphérique, c'est-à-dire d'une couche sphérique d'électricité) en mouvement illustrait particulièrement bien cette nouvelle manière de concevoir l'inertie.

Rappelons en quelques mots les bases de cette conception et considérons d'abord le cas où la vitesse de déplacement de l'électron reste petite par rapport à l'énorme vitesse avec laquelle se propagent les phénomènes d'induction, c'est-à-dire par rapport à la vitesse de la lumière.

1. *Cas des faibles vitesses.* — Lorsque la sphère est immobile elle est entourée d'un champ électrostatique dans lequel se trouve accumulée une quantité d'énergie, laquelle, en vertu de la théorie de Maxwell, peut être calculée par l'expression :

$$W_0 = \frac{1}{8\pi} \int K f_e^2 . d\tau, \tag{4}$$

K désignant la constante diélectrique du milieu, f_e la force électrique en un point et $d\tau$ l'élément de volume en ce point ; l'intégrale étant étendue à tout l'espace où se fait sentir l'action de la force électrique.

Si maintenant la sphère se meut d'un mouvement uniforme avec une vitesse v, un champ magnétique s'ajoute à ce champ électrique et une nouvelle quantité d'énergie W_m s'accumule sous une forme inconnue dans le milieu qui entoure la sphère en mouvement.

La théorie de Maxwell permet également de calculer cette nouvelle quantité d'énergie par l'expression :

$$W_m = \frac{1}{8\pi} \int \varkappa f_m^2 d\tau, \tag{5}$$

$\varkappa$ désignant la perméabilité magnétique du milieu dans laquelle la charge électrique est plongée ; f_m la force magnétique résultant de son mouvement en un point de l'élément de volume $d\tau$. C'est cette énergie W_m que l'on peut alors appeler l'énergie cinétique, du moins dans le cas des petites vitesses où nous nous sommes placés.

Or le calcul de l'expression (5) effectué dans le cas d'un électron sphérique conduit comme on sait à la relation :

$$W_m = \frac{1}{2} \left[\frac{2}{3} \frac{e^2 \varkappa}{a} \right] v^2, \tag{6}$$

expression analogue à celle d'une force vive, dans laquelle le facteur entre crochets représenterait précisément ce qu'est la masse en mécanique ; c'est la *masse électromagnétique*. Cette dernière masse dépend, on le voit, non seulement de la nature du milieu $\varkappa$ et de la valeur de la charge e, mais de la loi suivant laquelle cette charge est répartie ; dans le cas particulier de l'électron sphérique, elle est inversément proportionnelle au rayon a de la sphère sur laquelle la charge est supposée uniformément distribuée.

Par une généralisation un peu hardie, il est vrai, on pouvait concevoir les corps matériels comme constitués uniquement par des charges positives ou négatives. Dans ce cas, la résistance que nous éprouvons à modifier la vitesse d'un corps matériel serait due aux variations d'énergie accumulée dans les innombrables

champs magnétiques qui entourent chacune de ces charges. En outre, si ces charges positives ou négatives sont toujours séparées les unes des autres par des intervalles suffisamment grands pour que leurs champs électromagnétiques n'empiètent pas pratiquement les uns sur les autres, quelles que soient les transformations physico-chimiques qui se produiront, l'inertie restera proportionnelle au nombre des charges et la loi de la conservation de la masse restera pratiquement satisfaite.

Nous verrons plus loin que cette conception particulière de l'inertie a pu d'ailleurs être remplacée par une conception plus générale.

2° *Cas des grandes vitesses.* — Mais lorsque la vitesse de la charge électrique devient très grande, on ne peut plus se contenter de cette première approximation conforme aux conclusions de la mécanique rationnelle. Il résulte en effet des équations générales du champ électromagnétique, qu'en un point d'un champ toute variation de la force magnétique en fonction du temps fait naître une force électrique et réciproquement, toute variation du champ électrique a pour conséquence la production d'une force magnétique.

Lors donc que la sphère se déplace d'un mouvement uniforme en entraînant avec elle son champ électrostatique et le champ magnétique dû à son mouvement, les variations de ce champ magnétique, *considérées en un point fixe de l'espace*, feront naitre en ce point une force électrique qui se composera avec le champ électrostatique primitif de façon à en modifier la distribution. Les champs magnétique et électrique réagissent ainsi l'un sur l'autre, comme le veulent les équations de Maxwell et de Hertz.

Le calcul exact conduit alors à une expression plus générale de la masse qui devient une fonction de la vitesse v de déplacement de la charge électrique. La masse cinétique (μ) est alors définie par l'équation :

$$(W'_e + W'_m) - W_0 = \frac{1}{2}(\mu) v^2, \qquad (7)$$

W'_e et W'_m étant les nouvelles expressions des énergies électrique et magnétique accumulées dans le milieu qui baigne la charge en mouvement[1].

De plus, si on calcule les trois masses précédemment définies, on trouve pour chacune d'elles une expression différente.

Dans le cas d'une sphère chargée superficiellement (électron sphérique), ces trois masses ont respectivement pour expression (Abraham) :

[1] La formule (7) suppose que l'électron n'a subi aucune déformation du fait de sa vitesse. Lorsque l'électron subit une déformation du fait de sa vitesse, son énergie cinétique est égale à la variation de l'énergie électromagnétique diminuée de l'énergie qui correspond à sa contraction (Voir en particulier E.-M. Lémeray, *Principe de relativité*, Gauthier-Villars, 1916).

1° Coefficient d'inertie ou *masse longitudinale*
$$\mu_1 = \mu_0 \frac{3}{4\beta^2}\left[-\frac{1}{\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta}+\frac{2}{1-\beta^2}\right]$$

2° Capacité d'impulsion ou *masse transversale* ou masse maupertuisienne
$$\mu = \mu_0 \frac{3}{4\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta}-1\right] \qquad \text{(I)}$$

3° Capacité d'énergie cinétique ou *masse cinétique*
$$(\mu) = \mu_0 \frac{3}{\beta^2}\left[\frac{1}{2\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta}-1\right]$$

dans lesquelles $\mu_0 = \frac{2\varepsilon^2\chi}{3a}$ et $\beta = \frac{v}{V}$ rapport de la vitesse v de translation de la charge à la vitesse V de la lumière.

Il importe de rappeler que ces relations ont été établies dans l'hypothèse d'un mouvement *quasistationnaire*, c'est-à-dire qu'elles supposent que les *variations de vitesse ne sont pas extrêmement brusques.*

Développées en série suivant les puissances de β^2, les formules (I) deviennent

$$\mu_1 = \mu_0\left[1+\frac{6}{5}\beta^2+\frac{9}{7}\beta^4+\frac{12}{9}\beta^6+\dots\right]$$

$$\mu = \mu_0\left[1+\frac{6}{3.5}\beta^2+\frac{9}{5.7}\beta^4+\frac{12}{7.9}\beta^6+\dots\right] \qquad \text{(I')}$$

$$(\mu) = \mu_0\left[1+\frac{3}{5}\beta^2+\frac{3}{7}\beta^4+\frac{3}{9}\beta^6+\dots\right].$$

Comme on le voit, les expressions (I') tendent toutes trois vers la même valeur μ_0 lorsque la vitesse de translation de la charge est très petite vis-à-vis de l'énorme vitesse de la lumière. Il en résulte que pour toutes les vitesses que l'on considère en mécanique, les valeurs de ces trois masses sont numériquement les mêmes pour un même corps, ainsi que le veut la mécanique newtonienne.

Cette dernière science peut donc à ce point de vue être considérée comme un cas particulier d'une mécanique plus générale, *la mécanique électromagnétique.*

La mécanique de la relativité. — Toutefois les formules (I) que nous venons de rappeler ne parurent pas définitives et le principe de relativité devait avoir pour conséquence non seulement de les modifier, mais surtout de les simplifier.

On sait en effet que toutes les expériences tentées jusqu'ici en vue de déceler un mouvement de translation rectiligne et uniforme, auquel participent l'observateur et tous les corps en expérience ont conduit à des résultats négatifs. Or ce résultat expérimental paraissait difficilement conciliable avec l'hypothèse d'un éther

immobile dans lequel les ondes lumineuses ou plus généralement les ondes électromagnétiques se propageraient avec une vitesse constante. De cette difficulté est né le principe de relativité exprimé par la transformation de Lorentz ou les équations cinématiques d'Einstein.

Pendant longtemps on avait cru que cette impossibilité de déceler physiquement le mouvement de translation uniforme et rectiligne était due à l'imperfection des méthodes d'observation, lesquelles auraient dû permettre de constater des différences de l'ordre de $\beta^2 = \left(\frac{v}{V}\right)^2$; v étant la vitesse de translation du corps par rapport à l'éther et V la prodigieuse vitesse de la lumière[1].

On conçoit qu'il était dans ces conditions indifférent pour le physicien que l'éther fût immobile par rapport à la terre, ou relativement au centre du soleil ou à quelque autre corps (α) puisque toutes les vitesses relatives des corps matériels étaient insuffisantes pour donner au terme β^2 une valeur appréciable à l'expérience.

Mais les célèbres recherches de MM. Michelson et Morley devaient changer la face de la question et faire sortir les physiciens de leur douce quiétude. La méthode employée par ces auteurs, basée sur l'observation du déplacement des franges d'interférences était en effet très suffisamment précise, paraît-il, pour déceler des différences de l'orde de β^2 si elles avaient existé.

Les résultats furent cependant, comme on sait, nettement négatifs. Il fallait donc ou supposer que l'éther était entraîné par la terre — (mais alors que devenait l'explication de l'expérience de Fizeau et comment expliquer le phénomène de l'aberration) — ou renoncer résolument à la théorie des ondulations et aux équations du champ électromagnétique qui la représentent, pour reprendre quelque chose d'analogue à la vieille théorie de l'émission — (mais dans ce dernier cas on aurait à vaincre indépendamment des difficultés nouvelles, toutes celles qui historiquement avaient fait abandonner cette théorie ; c'est ce qu'avait tenté Ritz, sans pouvoir l'achever).

En vue de mettre d'accord les résultats déconcertants de l'expérience de Michelson avec l'hypothèse d'un éther immobile, Lorentz et Fitzgerald furent alors conduits à la supposition étrange à première vue, que tous les corps, quels qu'ils fussent subissaient du fait même de leur vitesse de déplacement dans l'éther une petite contraction dans le sens de leur mouvement ; de sorte que pour obtenir leur longueur à l'état de mouvement, il fallait multiplier la longueur à l'état de repos par le facteur

$$\sqrt{1 - \beta^2}$$

[1] Théorème de Veltmann.

(facteur de Lorentz); le corps ne subissant d'ailleurs aucune modification dans sa dimension normale à la direction du déplacement[1].

H. Poincaré a fait alors remarquer, dans le cas particulier de l'électron en mouvement, que cette contraction pourrait être attribuée à une pression hypothétique uniforme de l'éther, pression supposée indépendante de la vitesse. On peut, en effet, concevoir cette pression comme nécessaire à l'équilibre de la charge de l'électron, pour empêcher que ses diverses parties ne se dispersent en vertu de leurs répulsions réciproques ; ce qui revient à supposer, gratuitement il est vrai, que les lois générales de l'électrostatique sont applicables aux éléments constitutifs de l'électron comme elles le sont aux électrons eux-mêmes. Quoiqu'il en soit, H. Poincaré réussit à démontrer que sous l'action des forces électrostatiques, des forces électromagnétiques développées par le mouvement de l'électron, et de la pression de l'éther, la forme d'équilibre de l'électron était précisément celle qui correspondait à la contraction de Lorentz.

D'ailleurs que cette contraction soit le résultat d'une pression hypothétique de l'éther (Poincaré) ou qu'on l'envisage comme une simple conséquence des modifications que le principe de relativité impose aux notions que nous nous faisons du temps et de l'espace, elle a pour effet d'introduire dans le problème électromagnétique d'une charge en mouvement une modification importante qui se répercute sur les diverses formules.

Si l'on tient compte de cette déformation et que l'on effectue le calcul des diverses masses, on obtient alors les expressions (II) (Lorentz-Einstein) considérablement plus simples que les formules (I)

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu_0(1-\beta^2)^{-\frac{3}{2}} \\ \mu &= \mu_0(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} \\ (\mu) &= \mu_0\frac{2}{\beta^2}\left[(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}-1\right] \end{aligned} \qquad \text{(II)}$$

Développées en série ces relations deviennent

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu_0\left[1+\frac{3}{2}\beta^2+\frac{3.5}{2.4}\beta^4+\frac{3.5.7}{2.4.6}\beta^6+\ldots\right] \\ \mu &= \mu_0\left[1+\frac{1}{2}\beta^2+\frac{1.3}{2.4}\beta^4+\frac{1.3.5}{2.4.6}\beta^6+\ldots\right] \\ (\mu) &= \mu_0\left[1+\frac{3}{4}\beta^2+\frac{3.5}{4.6}\beta^4+\frac{3.5.7}{4.6.8}\beta^6+\ldots\right] \end{aligned}$$

[1] Il convient de rappeler que l'importance pratique de ce facteur de correction est en général nulle. Dans le cas du mouvement de translation de la terre $\left(v = 27\ \frac{\text{km}}{\text{sec}}\right)$, le rayon terrestre ne serait contracté dans le sens du mouvement que de 6 cm environ.

Comme dans les formules (I') les trois masses μ_1 μ (μ) tendent à devenir égales à μ_0 lorsque β^2 devient négligeable.

Elles satisfont donc aux conditions de la mécanique newtonienne lorsque le terme β^2 et les suivants sont négligeables; mais elles satisfont en outre à la formule de Lorentz-Einstein, quelle que soit d'ailleurs l'interprétation qu'on donne à cette relation.

Bien que les formules qui précèdent résultent ici de considérations électromagnétiques, elles paraissent cependant avoir une portée plus générale. En premier lieu les idées que nous nous faisons actuellement de la structure des atomes, lesquels seraient constitués uniquement par l'association de charges électriques positives et négatives tendent tout naturellement et de plus en plus à nous faire envisager les diverses forces physiques comme des forces électromagnétiques. Tout porte donc à croire que les formules (II) sont applicables à la masse d'un corps quelconque quelle que soit la nature des forces qui agissent sur lui[1].

On peut également considérer ces formules comme une conséquence du principe de relativité.

Envisagées de la sorte, elles prennent alors une portée beaucoup plus générale et deviennent la base d'une mécanique nouvelle et plus complète que celle que nous possédons depuis Galilée et Newton ; la *mécanique des grandes vitesses* ou la *mécanique de la relativité*[2] dont les équations fondamentales sont :

$$X = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{dv_x}{dt} \qquad Y = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{dv_y}{dt} \qquad Z = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{dv_z}{dt}$$

équations qui se confondent avec celles de la mécanique rationnelle classique dans le cas particulier ou β^2 devient négligeable, c'est-à-dire lorsque la vitesse de déplacement du corps reste petite par rapport à l'énorme vitesse de la lumière.

Or, ce cas particulier comprend, comme on sait, la presque totalité des mouvements que nous pouvons observer ou même supposer. Il embrasse toute la mécanique des ingénieurs et même celle des astronomes et des physiciens dans son

[1] Dans cet exposé, j'ai cru devoir laisser complètement de côté la gravitation et l'interprétation qu'en a donnée M. Einstein par son principe de relativité généralisée; les expériences sur les rayons cathodiques de grande vitesse n'intéressant en effet que le principe de relativité restreinte. Rappelons cependant que Eotsvös a démontré par des expériences d'une sensibilité admirable la proportionnalité qui doit exister entre la masse *pesante* (gravifique) et la masse *inerte*. Ce savant a, comme on sait, montré que la direction du fil à plomb, résultante de la pesanteur et de la force centrifuge terrestres, est indépendante de la nature du corps suspendu. Il faut donc en conclure que les deux masses pesante et inerte sont toujours proportionnelles l'une à l'autre.

[2] On sait que l'anomalie du déplacement du périhélie de « Mercure » est notablement réduite si l'on introduit dans le calcul le principe de relativité restreinte. Elle disparaît tout à fait par l'application du principe de relativité généralisée.

ensemble à l'exception cependant d'un petit nombre de phénomènes qui ont pu jusqu'ici être étudiés avec une précision suffisante pour déceler une différence entre l'ancienne et la nouvelle mécanique. Au premier rang de ces phénomènes se place naturellement la détermination de la variation d'inertie des électrons du radium et des électrons cathodiques de grande vitesse dont l'étude présente de ce fait un immense intérêt [1].

Mais cette variation de l'inertie en fonction de la vitesse n'est qu'une des conséquences du principe de relativité. D'autres, non moins importantes, viennent se greffer sur le nouveau principe, pour en accroître considérablement l'intérêt, alors même que ces conséquences ne peuvent encore être soumises à un contrôle expérimental décisif, direct.

Nous nous permettrons dans cette introduction d'en rappeler une des plus importantes en vertu même de la confirmation que lui ont apportée nos expériences.

L'inertie d'un corps serait proportionnelle à son contenu d'énergie, ou plus exactement, le contenu d'énergie d'un corps (exprimé en ergs) est égal à son inertie (en grammes) multipliée par le carré de la vitesse de la lumière $\left(\text{en } \frac{cm}{\text{sec}}\right)$, soit

$$E = m V^2.$$

Si l'on a soin, comme l'a fait remarquer M. Langevin, de choisir comme unité de vitesse, celle de la lumière, l'expression devient

$$E = m$$

et le *principe de la conservation de l'énergie se confond alors numériquement avec celui de la conservation de la masse.*

Inertie et énergie deviennent ainsi inséparables l'une de l'autre ; ce sont les deux aspects d'une seule et même chose.

Comme on sait, la vérification de cette dernière conséquence n'a pu jusqu'ici être faite directement au moyen de la balance. La variation de masse qui devrait dans cette manière de voir théoriquement accompagner le refroidissement d'un corps (par ex.) est bien trop petite pour que l'expérience la plus délicate puisse la révéler. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la formule précédente pour s'en convaincre. De même les réactions chimiques les plus puissantes ne dégagent jamais assez d'énergie pour produire des variations de masse appréciables à la balance et le principe de la conservation de la masse se trouve de ce fait pratiquement satisfait dans

[1] Les phénomènes qui ont pu être étudiés jusqu'ici avec une précision suffisante pour faire intervenir le terme en β^2 sont actuellement encore très peu nombreux. Il convient de citer l'expérience de Michelson ; le mouvement de la planète « Mercure » ; les mouvements électroniques à l'intérieur de l'atome (Sommerfeld) et les variations d'inertie des électrons du radium ou des rayons cathodiques de grande vitesse.

toutes les réactions physico-chimiques observées quelle que soit l'énergie qu'elles dégagent. On a lieu de croire cependant qu'il n'en est pas de même pour les réactions intraatomiques de la radioactivité, qui proportionnellement à la masse des corps en jeu dégagent d'énormes quantités d'énergie ; c'est comme on sait à cette ingénieuse hypothèse que M. Langevin attribue la raison du fait que les poids atomiques des corps simples ne sont pas des multiples exacts de celui de l'hydrogène.

Mais, si cette conséquence des formules de Lorentz-Einstein ne peut être à l'heure actuelle vérifiée directement par la balance, la dynamique des électrons peut en fournir une preuve indirecte.

On peut en effet, en s'appuyant sur le principe de relativité, démontrer que l'inertie d'un corps en mouvement doit être plus grande qu'au repos ; puisqu'à son contenu d'énergie à l'état de repos s'ajoute une énergie cinétique. En d'autres mots, si l'on multiplie la différence entre la masse transversale μ d'un électron en mouvement et sa masse au repos μ_0 par le carré de la vitesse de la lumière on retrouve l'expression de l'énergie cinétique de l'électron, conformément à la relation

$$(W) = [\mu - \mu_0] V^2 = \frac{1}{2} (\mu) v^2 .$$

Il suffirait de remplacer dans cette expression μ et (μ) par leurs valeurs déduites des relations précédentes pour avoir une identité.

En résumé *la vérification de la formule de Lorentz-Einstein pour les électrons de grande vitesse, constitue du même coup une vérification expérimentale indirecte de premier ordre de la relation* $mV^2 = E$ *qui réunit en un seul principe le principe de la conservation de l'énergie et celui de la conservation de la matière.*

On conçoit dès lors l'importance que présentent les recherches expérimentales sur l'inertie des charges électriques en mouvement très rapide, puisque à l'heure actuelle elles constituent la vérification expérimentale peut-être la plus directe de l'une des conséquences les plus importantes des nouvelles théories ; le parallélisme entre l'inertie et l'énergie.

Or, si l'on réfléchit à l'importance de ces vérifications, on reste surpris de la facilité avec laquelle nombre de physiciens ont admis la validité des formules de la relativité pour les charges en mouvement, avant même qu'elles aient été effectivement vérifiées par l'expérience. En effet, les expériences effectuées jusqu'ici sur les rayons cathodiques permettaient tout au plus de conclure que les résultats n'étaient pas en contradiction avec ces formules.

Pour quiconque veut bien se donner la peine d'analyser les divers travaux qui ont été effectués dans ce domaine, il est aisé de se rendre compte du peu de précision obtenu dans la plupart de ceux que l'on cite le plus souvent.

Comment sur un cliché « grand comme l'ongle » peut-on par ex. avec quelque certitude, déterminer par des procédés photométriques l'équation d'une courbe qui s'y trouve tracée assez peu nettement? Comment garantir qu'un potentiel de 80000 volts a été mesuré à $\pm$ 80 volts, alors que cette petite différence suffit à valider la formule d'Abraham ou celle de Lorentz-Einstein. Vraiment pour considérer ces vérifications comme satisfaisantes il faut être animé, semble-t-il, d'un très vif désir de voir les faits corroborer des hypothèses séduisantes. On croit facilement ce qu'on désire, a-t-on coutume de dire; c'est une vérité à laquelle n'échappent pas plus les physiciens que les autres hommes.

Mais il convient d'ajouter que cette tendance à exagérer la précision des résultats obtenus est surtout marquée chez les physiciens qui ne sont pas spécialisés dans ces recherches délicates; les auteurs même des mémoires ont été bien souvent beaucoup moins catégoriques que ceux qui les citent. Nous reviendrons sur ce point au chapitre suivant.

C.-E. G.

APERÇU HISTORIQUE.

Les travaux effectués sur la variation d'inertie des électrons en fonction de la vitesse peuvent se diviser en deux catégories; ceux effectués sur les électrons β du radium et ceux relatifs aux électrons cathodiques.

1. *Travaux effectués sur les rayons β du radium* — De 1902 à 1906 M. Kaufmann[1] a donné les résultats de ses recherches dans une série de communications.

Dans ces expériences, les rayons émis par un grain de bromure de radium sont déviés simultanément, dans deux directions perpendiculaires, par deux champs; un champ électrique et un champ magnétique. En vertu de la nonhomogénéité du faisceau de rayons β, cette double déviation détermine sur une plaque photographique une courbe continue. Par le renversement du champ électrique, on obtient une seconde courbe symétrique de la première. Ce sont les coordonnées de ces deux courbes (approximativement paraboliques) que M. Kaufmann mesurait au microscope. Ces mesures combinées avec celles des champs déviants donnèrent des résultats ne vérifiant pas la formule de Lorentz-Einstein, mais concordant bien soit avec la théorie d'Abraham, soit avec celle de Bucherer-Langevin.

Les recherches très soignées de M. Kaufmann ont provoqué de nombreuses

[1] KAUFMANN. *Ann. d. Phys. 19*, 1906, p. 497.

discussions[1] auxquelles ont pris part spécialement MM. Planck, Stark, Heil. M. Heil[2] conclut de son analyse que les mesures de M. Kaufmann n'arrivent à vérifier la théorie d'Abraham, plutôt que celle de Lorentz, qu'à la condition d'admettre, d'une part, une valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ égale à $1{,}84 \times 10^7$ et, d'autre part, une erreur possible d'environ 4 % sur les mesures de la tension aux plateaux du condensateur produisant la déviation électrique.

En 1908, M. *Bucherer*[3] a entrepris, par une méthode différente, de nouvelles recherches sur les rayons β. Le faisceau produit par un grain de fluorure de radium passe d'abord dans une première région où il est soumis à l'action simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique homogènes. Sous l'influence de ces deux champs, d'une disposition et d'une intensité telles que leurs actions se compensent, les corpuscules conservent, dans cette région, une trajectoire rectiligne. Puis dans une seconde région le champ électrique est supprimé, le champ magnétique homogène agissant seul : le faisceau y décrit alors une trajectoire circulaire. La déviation ainsi obtenue s'enregistre sur un film photographique. La connaissance des champs, la mesure de la déviation du faisceau et celle de la distance séparant le film photographique des bords du condensateur permettent de calculer par les formules théoriques, soit d'Abraham, soit de Lorentz-Einstein, la vitesse β et la valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ correspondante. L'hypothèse exacte sera évidemment celle qui donnera pour $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$, ainsi déterminé, une valeur constante. De ses expériences, M. Bucherer conclut à l'exactitude de la théorie de Lorentz-Einstein.

Ces recherches ont donné lieu à une longue polémique entre leur auteur et M. Bestelmeyer[4].

D'après M. Bestelmeyer, un seul travail effectué avec un seul appareil, était insuffisant pour autoriser l'auteur à formuler une conclusion aussi précise sur une théorie d'une telle importance.

C'est dans le but de compléter ces recherches, en s'inspirant des critiques résumées ci-dessus, que M. *Neumann*[5] à l'instigation de M. Schaefer, a repris

[1] Ces discussions ont porté spécialement sur le calcul du champ électrique et sur l'ionisation possible des gaz résiduels entre les plateaux du condensateur chargés à une différence de potentiel de 2500 à 3000 volts.

[2] Heil, *Dissertation*, Berlin, 1909

[3] Bucherer, *Phys. Zeit. 9*, 1908, p. 755 ; *Verh. d. D. Phys. Gesell. 10*, 1908, p. 698 ; *Ann. d. Phys. 28*, 1909, p. 513.

[4] Voir spécialement Bestelmeyer. *Ann. d. Phys. 30*, 1909, p. 166 et *32*, 1910, p. 231 ; et Bucherer, *Ann. de Phys. 30*, 1909, p. 974.

[5] Neumann, *Ann. d. Phys. 45*, 1914, p. 529. Voir aussi Schaefer. *Verh. d. D. Phys. Gesell. 15*, 1915, p. 935 et *Phys. Zeit. 14*, 1913, p. 1117.

la méthode et le dispositif de M. Bucherer, modifié dans ses détails seulement. Les résultats de ce travail vérifièrent à nouveau, et avec une plus grande exactitude, la formule de Lorentz-Einstein dans des limites de vitesses comprises entre $\beta = 0,4$ et $\beta = 0,7$. L'auteur constate une moins grande concordance pour la région $\beta = 0,7$ à $\beta = 0,8$, sans cependant arriver à l'expliquer. Par une discussion détaillée de ses expériences, l'auteur montre que, pour les grandes vitesses tout au moins, les erreurs de pointé nécessaires pour passer d'une théorie à l'autre paraissent absolument inadmissibles, étant donnée la précision des mesures[1].

2. *Travaux effectués sur les rayons cathodiques.* — Indépendamment des recherches de M. Stark[2] qui n'avaient pas été effectuées sur des rayons de vitesse suffisamment grande pour permettre la discussion des théories en présence, et qui n'avaient d'ailleurs pas d'autre but que de mettre en évidence la variation de la masse de l'électron avec la vitesse, trois travaux, dont les résultats ont été publiés presque simultanément, ont été entrepris pour étudier la loi de cette variation sur des rayons cathodiques de grande vitesse.

Le premier en date est celui de M. *Proctor*[3]. Le faisceau cathodique, produit par une machine statique, était dévié successivement par un champ électrique et un champ magnétique. La masse et la vitesse des rayons se déduisaient de la connaissance des champs déviants et de la mesure au cathétomètre des déviations électrique et magnétique. Ces recherches, effectuées sur des rayons cathodiques de vitesses comprises entre 12 et 43 % de la vitesse de la lumière, ont conduit leur auteur à conclure à l'exactitude, aux erreurs d'expérience près, de la formule d'Abraham, celle de Lorentz étant, selon son avis, indiscutablement fausse.

M. *Hupka*[4], au contraire, en mesurant, d'une part, le potentiel de décharge à la cathode et, d'autre part, la déviation obtenue par un champ magnétique d'intensité connue a trouvé une très grande concordance entre ses résultats et la formule de Lorentz-Einstein, et cela dans de grandes limites de vitesse (de $\beta = 0,35$ à $\beta = 0,53$). Mais ses recherches ont donné lieu à de graves critiques de la part de

[1] *Note additionnelle.* — M. Schaefer a indiqué, plus tard, qu'il était parvenu à expliquer l'erreur systématique qui paraissait exister pour cette région. Ayant répété les mesures des clichés douteux au moyen d'un microphotomètre de précision, cet auteur a annoncé de nouveaux résultats en bonne concordance avec la théorie de Lorentz-Einstein (C. Schaefer, *Ann. d. Phys.*, *49*, 1916, p. 934). Il a même poussé les mesures plus loin en utilisant un cliché qui n'avait pas été mesuré avec une précision suffisante au moyen de l'instrument dont s'était servi M. Neumann.

Résumant alors en un seul graphique les résultats de M. Bucherer et ceux de M. Neumann corrigés, M. Schaefer arrive à la conclusion que la théorie de Lorentz-Einstein peut être considérée comme exacte pour des vitesses comprises entre 0,3 et 0,85 de celle de la lumière.

[2] Stark, *Verh. d. D. Phys. Gesell.*, *5*, 1903, p. 241.

[3] Proctor, *Phys. Rev.*, *30*, 1910, p. 53.

[4] Hupka, *Ann. d. Phys.*, *31*, 1910, p. 169 ; *Verh. d. D. Phys. Ges.*

M. Heil [1]. Cet auteur a montré qu'il suffirait d'une erreur dans la mesure du potentiel de décharge de ± 80 volts, erreur prise d'une façon systématique, pour amener la coïncidence des résultats de M. Hupka, avec l'une ou l'autre des deux théories. M. Heil a en outre calculé à nouveau, d'après les dimensions des appareils, la valeur des déviations produites sur le fond du tube par le champ magnétique. La différence de grandeur entre ces déviations observées et calculées serait voisine de 10 %. Il y aurait donc là une erreur systématique inexpliquée. De l'ensemble de son analyse, M. Heil conclut que les recherches de M. Hupka ne peuvent être considérées comme vérifiant la théorie de Lorentz-Einstein [2].

Dans leurs recherches, MM. *C.-E. Guye* et *S. Ratnowsky* [3] ont utilisé les déviations électrique et magnétique successives du faisceau cathodique produit par une source alternative disposée de façon telle qu'elle donnait aux bornes du tube un potentiel de décharge à peu près constant. Mais, afin de rendre leurs résultats plus comparables, ils ramenaient le faisceau à une déviation toujours la même. Ainsi, les corpuscules suivaient des trajectoires identiques, et, pour des mesures précises, il n'était plus nécessaire de faire intervenir dans les calculs la connaissance des champs magnétique et électrique en chaque point de la trajectoire. Les résultats de ces expériences incompatibles avec la formule d'Abraham ne vérifiaient qu'imparfaitement celle de Lorentz-Einstein [4].

Ainsi, de ces trois travaux effectués sur les rayons cathodiques, l'un, celui de M. Hupka, paraissait, à première vue, vérifier avec beaucoup d'exactitude la formule de Lorentz-Einstein; mais ses conclusions n'étaient guère acceptables étant données les critiques dont ce travail a été l'objet; un second, celui de M. Proctor, concluait plutôt à la théorie d'Abraham à l'exclusion de celle de Lorentz-Einstein; tandis que le troisième, celui de MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky, donnait des

[1] Heil, *Ann. d. Phys.*, *31*, 1910, p. 519.

[2] « Mit Hupkaschen Messungen weder die Relativtheorie noch die Kugeltheorie vereinbar ist ». (Loc. cit. p. 530).

[3] C.-E. Guye et S. Ratnowsky, *C. R. de l'Acad. des Sc.*, *150*, 1910, p. 326; *Arch. des Sc. phys. et nat.*, *31*, 1911, p. 293.

[4] *Note additionnelle.* — Postérieurement à la publication aux C. R. des résultats de notre dernier travail, M. L.-T. Jones a présenté au Congrès de l'*American Phys. Society* de San Francisco 2-7 août 1915 les premiers résultats d'une étude sur la variation d'inertie des rayons cathodiques. M. Jones a opéré, par l'enregistrement photographique de la déviation simultanée du faisceau cathodique au moyen de deux champs (électrique et magnétique), méthode analogue à celle qu'avait employée cet auteur pour la détermination de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$. Les résultats obtenus par cette méthode sont plus favorables à la théorie de Lorentz-Einstein qu'à celle d'Abraham (L.-T. Jones, *Phys. Rev.*, p. 52, 1916). Ils confirment donc nos résultats. A noter que l'auteur opère dans des champs aussi uniformes que possible, mais que la valeur du champ électrique depend de la constante diélectrique du verre du cliché photographique placée sur l'une des armatures du condensateur.

résultats voisins de la formule de Lorentz-Einstein et nettement incompatibles avec celle d'Abraham.

Il y avait donc un grand intérêt à effectuer de nouvelles déterminations. Ce sont les résulats de ces recherches, entreprises au printemps 1913 au Laboratoire de l'Université de Genève, qui font l'objet de notre second mémoire. Ces résultats, comme on le verra plus loin, vérifient la formule de Lorentz-Einstein avec une grande exactitude dans les limites de vitesse comprises entre 23 et 48 $^0/_0$ de celle de la lumière. C.-E. G. et C. L.

Il est toujours très délicat de porter un jugement sur le degré de précision de travaux auxquels on n'a pas participé; aussi nous bornerons-nous ici à quelques remarques générales qui résultent de notre expérience personnelle du sujet et sans lesquelles une saine critique ne peut à notre avis s'exercer judicieusement.

En premier lieu, il est très difficile d'évaluer par le calcul les intégrales de champ avec une précision suffisante pour que l'erreur commise de ce fait ne soit pas du même ordre de grandeur que la différence qui permet de trancher entre l'une ou l'autre théorie; c'est là à notre avis le principal avantage de la méthode des trajectoires identiques.

Cette évaluation est particulièrement délicate lorsque les champs, électrique et magnétique, ne sont pas rigoureusement uniformes dans toute l'étendue de la trajectoire des électrons; le problème ne peut guère alors être résolu exactement que par approximations successives, car sa résolution complète suppose la connaissance préalable aussi exacte que possible de la trajectoire.

Lorsqu'il s'agit d'évaluer par le calcul l'intégrale de champ électrostatique, les difficultés sont plus grandes encore. Les perturbations qui se produisent au voisinage des bords du condensateur (lesquelles dépendent de la forme générale du tube) sont en particulier impossibles à calculer avec précision, comme nous avons pu nous en rendre compte en comparant les résultats de l'expérience à ceux du calcul (voir page 307). Les corrections plus ou moins arbitraires qu'on effectue de ce fait sont donc pour le moins très douteuses.

Cette dernière difficulté a été, il est vrai, éliminée par divers auteurs et par M. Jones en particulier, le champ électrostatique que traverse le faisceau cathodique étant théoriquement uniforme; mais alors, par sa présence entre les plateaux du condensateur, la plaque de verre du cliché doit, semble-t-il, introduire dans l'évaluation du champ électrique les incertitudes qui peuvent résulter du fait d'un diélectrique solide et de ses charges résiduelles.

Les méthodes qui nécessitent la mesure très précise, à la pression atmosphé-

rique, d'un potentiel de décharge élevé[1] sont également très difficilement applicables. Enfin les expériences dans lesquelles il n'a pas été tenu compte de la dissymétrie créée par le champ magnétique terrestre, ou celles pour lesquelles des précautions spéciales n'ont pas été prises pour éviter les perturbations résultant de la présence de charges électriques sur les parois du tube, sont sujettes à caution.

Toutes ces erreurs peuvent en réalité être très petites, mais il convient de se souvenir que la différence qu'il s'agit d'évaluer pour trancher entre l'une ou l'autre théorie, est elle aussi, *très petite*. Il en résulte qu'une expérience dont les résultats sont en conformité avec telle ou telle théorie, ne constitue pas nécessairement une preuve concluante en sa faveur. Beaucoup d'expériences sont douteuses et si la théorie de Lorentz-Einstein n'a pas tardé à trouver plus de résultats en sa faveur, c'est peut-être aussi en partie parce qu'elle est plus suggestive et qu'en vertu même de son prestige on a eu jusqu'ici plus de hâte à publier les résultats qui la confirment que ceux qui l'infirmeraient.

C'est cette préoccupation qui nous a engagé à reprendre dès 1913, en collaboration avec M. Ch. Lavanchy, de nouvelles déterminations, et cela par un dispositif très étudié, éliminant autant que possible la plupart des incertitudes que nous venons de mentionner. Ce sont ces nouvelles déterminations qui font l'objet du second de nos deux mémoires.

C.-E. G.

[1] Pour des rayons cathodiques atteignant la moitié de la vitesse de la lumière ce potentiel de décharge est de près de 80000 volts.

PREMIÈRE PARTIE

Expériences de MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky[1].

Méthode.

Choix de la méthode. — Le but que nous nous sommes proposés était avant tout de déterminer avec le plus de précision possible le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ de l'inertie des corpuscules cathodiques de grande vitesse à celle des corpuscules cathodiques de faible vitesse. Il s'agissait donc en premier lieu de rendre aussi comparables que possible les mesures effectuées sur les deux catégories de rayons cathodiques. Cette considération nous a guidés dans le choix de la méthode.

Nous avons utilisé pour la détermination du rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ la méthode consistant à observer la déviation d'un faisceau cathodique sous l'action successive et alternée d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Cette méthode est susceptible de donner des résultats très comparables, si l'on a soin d'opérer à *déviation constante* et à champ magnétique ou électrique variables. Dans ces conditions, on élimine en effet presque complètement du rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ l'incertitude qui existe toujours sur la forme exacte et la valeur des champs électrique ou magnétique que traverse le corpuscule. C'est précisément à cause de cet avantage que nous avons appelé cette méthode *méthode des trajectoires identiques*[2]. En effet, à la condition d'annuler préa-

[1] Nous donnons ci-après un extrait des principaux chapitres du mémoire publié aux *Archives des Sc. phys. et nat.*, Avril 1911.

[2] La méthode de déviation constante a été utilisée antérieurement à la publication de notre travail par M. Malassez dans des recherches entreprises à l'instigation de M. le professeur Langevin. L'auteur ne mentionne pas qu'il ait annulé le champ terrestre; il est à présumer que dans le cas particulier de ces expériences, cette précaution était inutile.

lablement le champ terrestre, les corpuscules de grande ou de petite vitesse suivent alors pratiquement la même trajectoire dans toutes les expériences. On peut dans ces conditions expérimenter sans inconvénient sur de *plus grandes déviations.*

Cette méthode présente en outre l'avantage de ne pas nécessiter la mesure précise, toujours délicate, de très hauts potentiels de décharge (80000 volts environ si l'on veut atteindre la moitié de la vitesse de la lumière).

En outre, en ayant soin d'alterner les déviations électriques et magnétiques et en multipliant les mesures, on peut espérer atténuer dans les moyennes l'effet des variations qui se produisent dans la vitesse d'émission des corpuscules, variations qui résultent des changements de dureté du tube ou des conditions mêmes de la décharge et qui constituent une des principales difficultés des expériences à haut voltage.

Trajectoires identiques dans un champ magnétique. — Considérons le cas de rayons cathodiques ayant une faible vitesse d'émission (tube mou). Nous avons pour un point quelconque de la trajectoire la relation bien connue

$$\frac{\mu v^2}{\rho} = \mathrm{H} v \varepsilon \sin \alpha$$

μ masse transversale du corpuscule (électron); v sa vitesse; ρ rayon de courbure de la trajectoire; H intensité du champ magnétique; α angle formé par la direction de la vitesse avec celle du champ magnétique; ε charge du corpuscule.

Supposons des corpuscules cathodiques de grande vitesse (tube dur) arrivant au même point, dans la même direction; nous aurons semblablement

$$\frac{\mu' v'^2}{\rho'} = \mathrm{H}' v' \varepsilon \sin \alpha$$

la direction du champ H' étant supposée la même que celle de H.

Pour que les deux trajectoires se maintiennent identiques il faut que l'on ait $\rho = \rho'$; il vient alors

$$\frac{\mu' v'}{\mu v} = \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}.$$

Si les deux champs magnétiques sont produits par des bobines fixes (sans fer) parcourues successivement, par les courants I et I' ces champs seront en chaque point proportionnels aux intensités I et I' et l'on aura

$$\frac{\mu' v'}{\mu v} = \frac{\mathrm{I}'}{\mathrm{I}}$$

Il est aisé de voir que cette condition peut être satisfaite simultanément pour

tous les points de la trajectoire puisque $\mu' v'$ μv sont précisément des constantes pour tous les points de cette trajectoire [1].

Il importe de remarquer que la démonstration précédente n'est valable qu'à la condition d'avoir annulé préalablement le champ magnétique terrestre ou du moins sa composante déviante. Ce résultat est atteint dans nos expériences comme on le verra plus loin par l'emploi d'un système de cadres compensateurs parcourus par des courants constants.

Trajectoires identiques dans un champ électrique. — Dans un champ électrique, le corpuscule n'a plus rigoureusement ni une vitesse ni par conséquent une masse constantes, puisqu'il passe d'une surface équipotentielle à une autre surface équipotentielle. Mais pratiquement, dans les limites de nos expériences, ces variations de vitesse n'étaient que de quelques pour mille. Un calcul approximatif nous a montré que les variations qui en résultent sur la trajectoire sont plus petites que celles qui correspondent à la précision de la mesure des champs électriques [2]. Il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte. On peut ainsi admettre par un raisonnement analogue au précédent que la relation

$$\frac{\mu v^2}{\mu' v'^2} = \frac{F}{F'} = \text{constante}$$

est *pratiquement* satisfaite pour tous les points de la trajectoire, F et F′ étant les champs électriques au point considéré.

Expérimentalement ces champs sont produits en élevant plus ou moins la différence de potentiel des armatures du condensateur à l'intérieur du tube.

Principe de la méthode. — La condition d'identité des trajectoires étant pratiquement réalisée, représentons les déviations électriques et magnétiques mesurées successivement sur des corpuscules de petite et de grande vitesse ; nous aurons

Déviation électrique

Corpuscules de petite vitesse

$$y = [A] \frac{\varepsilon V}{\mu v^2} \qquad (1)$$

Corpuscules de grande vitesse

$$y = [A] \frac{\varepsilon V'}{\mu' v'^2} \qquad (3)$$

Déviation magnétique

Corpuscules de petite vitesse

$$y = [B] \frac{\varepsilon I}{\mu v} \qquad (2)$$

Corpuscules de grande vitesse

$$y = [B] \frac{\varepsilon I'}{\mu' v'} \qquad (4)$$

[1] Il n'y a qu'au voisinage immédiat de la cathode, dans l'espace où le corpuscule prend sa vitesse que cette relation n'est pas satisfaite ; mais dans cette partie de la trajectoire très éloignée des bobines magnétisantes le champ magnétique H est sensiblement nul ; il en est donc de même de la déviation.

[2] Il faudrait que les champs électriques fussent mesurés avec une précision de l'ordre des dix-millièmes.

Dans ces expressions y représente la déviation, la même dans une même série d'expériences ; [A] est l'intégrale de champ électrique ; soit en première approximation

$$\int_0^x dx \int_0^x F_1 dx$$

mesurée le long de la trajectoire pour une différence de potentiel $V = 1$ entre les plateaux du condensateur qui crée ce champ ; [B] est l'intégrale de champ magnétique ; soit approximativement

$$\int_0^x dx \int_0^x H_1 dx$$

pour l'intensité de courant $I = 1$ traversant les bobines qui produisent le champ magnétique. Enfin ε μ v μ' v' représentent respectivement la charge de l'électron, sa masse transversale et sa vitesse dans le cas des petites et des grandes vitesses.

De ces quatre relations on tire

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{VI'^2}{V'I^2} \quad \text{(I)} \qquad \frac{v'}{v} = \frac{V'I}{VI'} \,. \quad \text{(II)}$$

Le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ se déduit donc des valeurs relatives de deux intensités et de deux différences de potentiel mesurées sur le même instrument.

Détermination de la vitesse absolue des corpuscules. — Mais pour comparer les résultats de l'expérience à ceux que donnent les formules théoriques il est nécessaire de connaître la valeur absolue des vitesses v et v'. Pratiquement il suffira dans chaque série d'expériences de connaître une seule de ces vitesses pour que toutes les autres soient déterminées par la formule II.

Considérons en effet les formules (1), (2), (3), (4) qui donnent les déviations électriques et magnétiques ; elles nous permettent de déterminer v en valeur absolue si l'on connaît l'une des constantes [A] ou [B] d'une part et le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ d'autre part ; les autres quantités étant facilement accessibles à l'expérience.

Diverses considérations nous ont engagés à déterminer la constante [A]. Dans ce but nous avons effectué quelques expériences sur des rayons de faible vitesse, en mesurant le potentiel de décharge U et la déviation y. On a dans ce cas la relation bien connue

$$U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2 \qquad (5)$$

qui, combinée avec l'équation (1), nous donne[1]

$$[A] = 2 \frac{U}{V} \frac{\mu}{(\mu)} y \tag{6}$$

$\frac{(\mu)}{\mu}$ étant très voisin de l'unité[2].

Le calcul de la vitesse absolue nécessite en second lieu la connaissance du *rapport* $\frac{\varepsilon}{\mu}$ *de la charge à la masse transversale de l'électron.* Ce nombre est connu par l'ensemble des recherches antérieures sur les rayons cathodiques ; de plus pour les *rayons cathodiques de faible vitesse il est à peu près indépendant des théories proposées.* Nous avions adopté, dès le début de nos recherches, comme base de nos calculs la valeur

$$\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}878 \times 10^7 \text{ (Simon).}$$

Des recherches plus récentes ont conduit à la valeur $1{,}77 \times 10^7$. Nous verrons plus loin qu'elle peut être sur les résultats l'influence de la valeur choisie.

Comparaison avec les formules théoriques. — La connaissance de la constante [A] et du rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ pour les rayons lents permet donc de déduire la vitesse absolue v de ces rayons par la formule (1), tandis que la relation (II) donne alors la valeur absolue de la vitesse v' des rayons cathodiques de grande vitesse.

Ces vitesses étant ainsi déterminées, il devient possible de comparer les valeurs $\frac{\mu'}{\mu}$ fournies par l'expérience à celles déduites des formules théoriques bien connues de Lorentz ou d'Abraham relatives aux masses transversales.

[1] La constante [A] a l'avantage d'être indépendante du rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ (voir équation (6) tandis que la constante [B] obtenue à l'aide des équations (5) et (2) contient ce rapport soit

$$[B] = \frac{y}{I} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \frac{(\mu)}{\mu} 2U}.$$

[2] On sait que la masse (μ) de l'équation (5) diffère d'une petite quantité de la masse transversale μ des équations (1), (2), (3), (4), mais pour de faibles vitesses la différence est très petite et l'on peut aisément effectuer la correction. Dans ce but on déterminera par l'équation (1) la valeur approchée de la vitesse v en supposant $[A] = \frac{2U}{V} y$, puis on cherchera qu'elle est dans l'hypothèse de Lorentz ou d'Abraham la valeur de $\frac{(\mu)}{\mu}$ qui correspond à cette vitesse. Ce calcul est grandement abrégé si l'on a soin de construire une fois pour toutes les courbes de $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ et de $\frac{\mu}{\mu_0}$ en fonction de v dans les deux hypothèses. Les courbes de $\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ sont représentées en réduction à la fig. 5 de ce mémoire.

(Lorentz) $$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_L = (1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad (7)$$

(Abraham) $$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_A = \frac{3}{4\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\log\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right] \qquad (8)$$

Dans ces expressions β est, comme on sait, le rapport de la vitesse du corpuscule à celle de la lumière, μ_0 la masse pour des corpuscules infiniment lents.

Expériences.

Nous donnons ci-après (fig. 1) le schéma général du dispositif de nos expériences.

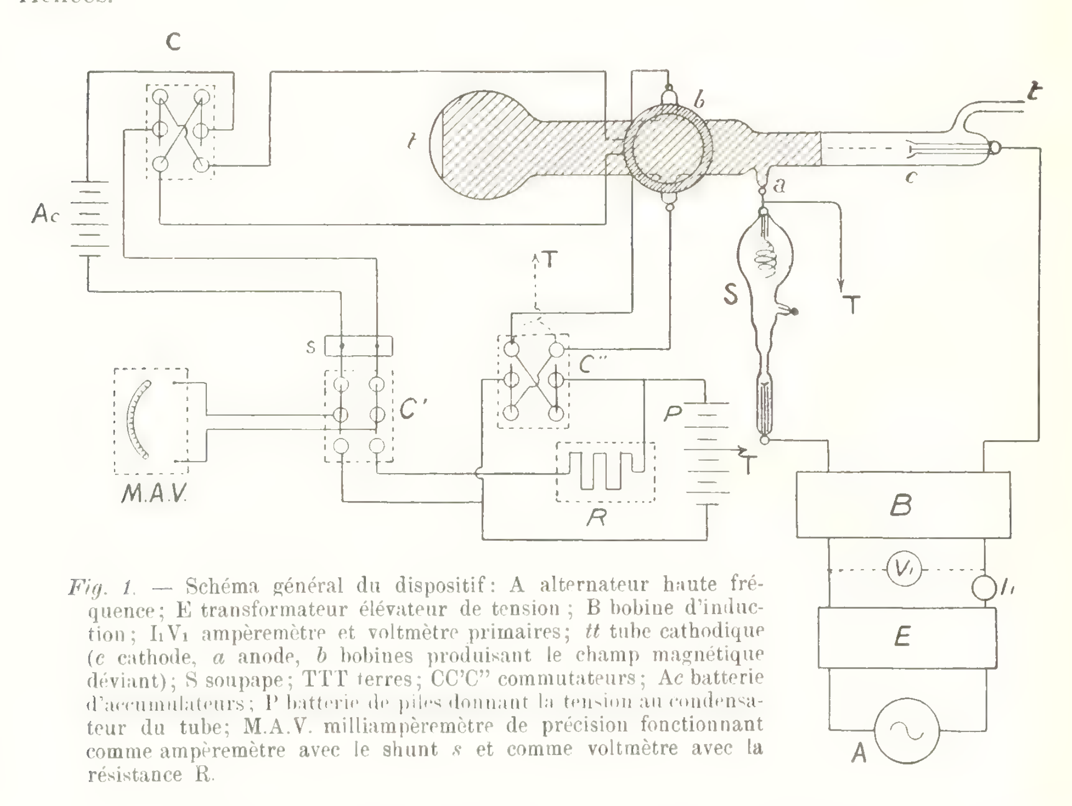


Fig. 1. — Schéma général du dispositif: A alternateur haute fréquence; E transformateur élévateur de tension; B bobine d'induction; I_1V_1 ampèremètre et voltmètre primaires; *tt* tube cathodique (*c* cathode, *a* anode, *b* bobines produisant le champ magnétique déviant); S soupape; TTT terres; CC'C'' commutateurs; *Ac* batterie d'accumulateurs; P batterie de piles donnant la tension au condensateur du tube; M.A.V. milliampèremètre de précision fonctionnant comme ampèremètre avec le shunt *s* et comme voltmètre avec la résistance R.

Les commutateurs sont disposés pour la mesure de la déviation magnétique.

Production des rayons cathodiques. — Pour produire la tension nécessaire à l'émission des rayons cathodiques, nous avons utilisé le courant d'un alternateur à haute fréquence (1000 à 1200 périodes à la seconde), surélevé dans un premier transformateur et lancé dans le primaire d'une grande bobine d'induction (Fig. 1).

Sous le rapport de la régularité de fonctionnement du tube, l'alternateur présente, du moins pour les tensions très élevées, un avantage sur la machine électrostatique.

Avec cette dernière, le débit est toujours si faible que les décharges latérales extérieures au tube agissent constamment sur le régime de celui-ci. Or, au fur et à mesure que l'on augmente la tension, ces décharges, soit sous forme d'effluves, soit sous forme de petites étincelles, deviennent de plus en plus importantes et compromettent la régularité de fonctionnement du tube[1].

Par contre, l'emploi d'un alternateur a l'inconvénient de donner naissance à un faisceau cathodique plus ou moins hétérogène. Ce faisceau s'étale en un spectre lorsqu'il traverse un champ électrique ou magnétique. Il en résulte une précision beaucoup moindre sur le pointé.

Toutefois, cet inconvénient peut être considérablement atténué, particulièrement avec les courants de fréquence élevée, comme nous le verrons plus loin.

Les conditions de fonctionnement de l'alternateur étaient les suivantes: à la fréquence de 1000 périodes environ, la tension aux bornes primaires de la bobine d'induction était de 80 à 300 volts efficaces. Bien que ce dernier voltage paraisse élevé pour un circuit primaire, les isolements de la bobine le supportent très bien, grâce à la régularité même du courant alternatif qui ne donne pas lieu à des à-coups de tension, comme il s'en produit avec les interrupteurs.

Le courant secondaire de la bobine était amené à la cathode et à l'anode du tube par des conducteurs recouverts d'une épaisseur de 0,5 cm. de caoutchouc, de façon à éviter autant que possible les effluves et les décharges latérales dont nous avons parlé.

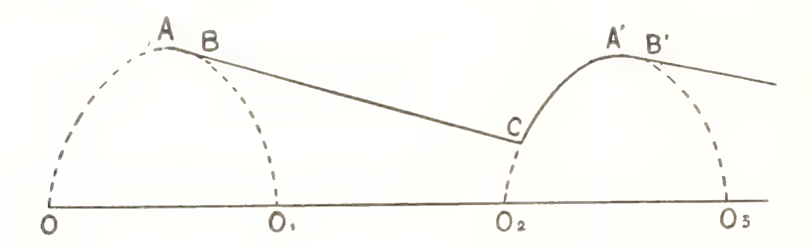
La tension de ce courant, si on la calcule d'après le rapport de transformation de la bobine, aurait pu atteindre 90.000 volts efficaces; mais avec des courants de fréquence élevée, il est impossible de dire a priori dans quelle mesure les phénomènes de capacité ou de dispersion magnétique modifient ce rapport théorique de transformation.

Entre l'anode du tube cathodique et la bobine était intercalée une soupape électrique. Une telle soupape a, comme on sait, pour effet d'arrêter l'une des alternances du courant de haute tension, de façon à ne livrer passage au courant que dans un sens. Dans le cas particulier où l'on utilise des courants de grande périodicité, le courant qui traverse le tube se rapproche peu à peu d'un courant continu, lorsque la capacité formée par les conducteurs et le tube lui-même a quelque valeur.

[1] Dans le second mémoire nous avons réussi à vaincre ces difficultés par l'emploi d'une machine électrostatique à gros débit, ce qui nous a permis d'obtenir une plus grande précision de pointé.

Le faisceau cathodique peut alors devenir presque homogène, mais cette condition, comme on le verra plus loin, n'est pas indispensable pour effectuer le pointé.

La figure 2 ci-après montre, sans entrer dans le calcul du phénomène, comment, lorsque la périodicité augmente, le courant qui traverse le tube cathodique doit tendre à devenir constant.



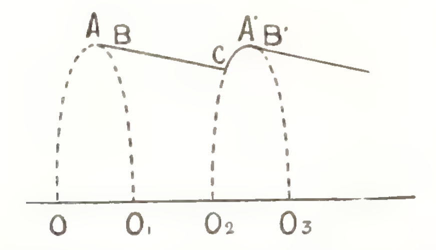


Fig. 2. — Dans cette figure la courbe ponctuée $OAO_1O_2A'O_3$ représente la tension secondaire fournie par la bobine dont une alternance seulement peut donner naissance à un courant; la ligne ABCA'B' représente la tension aux bornes du tube cathodique muni d'une soupape.

Les deux pôles du tube commencent par se charger à la différence de potentiel maximum A. Le courant que peut débiter la bobine étant toujours grand par rapport à celui du tube, ce dernier continue à suivre la tension de la bobine jusqu'au point B. A partir du point B, si la soupape fonctionne parfaitement, le tube se décharge comme le ferait un condensateur, et son régime devient indépendant de celui de la bobine jusqu'au point C. De C en A' B' la tension de la bobine redevenant supérieure à celle du tube, la soupape laisse de nouveau passer le courant et le régime du tube redevient celui de la bobine.

Il est aisé de se rendre compte que la périodicité augmentant, le point A' se rapproche de A. Il en est de même du point C; l'amplitude des variations de la tension aux bornes du tube devient de plus en plus petite et finit par se rapprocher d'une tension constante, particulièrement si le tube est associé à une capacité, même petite. C'est ce que montre la seconde figure.

L'emploi des courants alternatifs associés à un condensateur et à une soupape a d'ailleurs été indiqué et employé par M. Villard pour produire un voltage cons-

tant aux bornes des tubes cathodiques. On trouvera dans les publications de M. Villard de précieuses indications sur le fonctionnement des tubes cathodiques[1].

A la condition de ne pas considérer les expériences aux voltages les plus élevés, pour lesquels les mesures demeurent toujours délicates par suite des variations de dureté du tube, on peut constater que ce dispositif est susceptible d'assurer une très grande constance au régime de fonctionnement d'un tube cathodique. Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, deux séries de mesures effectuées, comme toujours, à déviation constante. Les valeurs de I et de V proportionnelles aux champs déviants se sont maintenues constantes pendant toute la série des expériences. Chaque chiffre comporte deux pointés, c'est-à-dire deux lectures au voltmètre et à l'ampèremètre. La durée de chaque série est d'environ une demi-heure. On voit donc que pendant ce temps le régime de fonctionnement du tube s'est fort bien maintenu et que la vitesse des rayons cathodiques émise est demeurée presque la même.

La variation plus grande observée sur les chiffres du voltmètre (V) provient du fait qu'à *déviation constante* l'intensité du champ électrostatique est proportionnelle au carré de la vitesse des corpuscules, tandis que le champ magnétique n'est proportionnel qu'à la vitesse seulement. Les fluctuations sont donc, dans ces conditions, plus sensibles sur le voltmètre que sur l'ampèremètre.

Divisions lues sur l'ampèremètre et le voltmètre.

I	V	I	V
39,85	35,20	39,75	36,10
39,75	35,05	39,95	36,05
39,50	34,70	39,70	36,25
39,85	35,05	39,55	36,05
39,50	34,85	39,70	36,10
39,20	34,65	39,30	35,65
39,90	34,85	39,60	35,55
		39,50	35,70
		39,00	35,00

Les tubes cathodiques employés ne commencent à s'illuminer d'une lueur verte qu'au voisinage de 6000 volts; mais, dans ces conditions, la tache fluorescente était encore mal délimitée, probablement par suite de la trop grande surface d'émission de la cathode. C'est seulement pour une plus grande raréfaction, lorsque le potentiel de décharge atteignait 8000 à 9000 volts, qu'on apercevait une tache lumineuse circulaire nettement délimitée de 0,75 mm. de diamètre, et que l'on pouvait commencer les mesures.

[1] Villard, *Les rayons cathodiques*, 1908, p. 7, et *Redresseurs cathodiques pour courants indirects*, *C. R.*, t. 128, 1899, p. 994, etc.

Dans le cas où la raréfaction était poussée à ses dernières limites, nous n'avons pas mesuré le potentiel de décharge. On peut l'estimer approximativement entre 70.000 et 80.000 volts (d'après la puissance des champs déviants et la vitesse calculée des corpuscules).

La différence de potentiel aux bornes secondaires de la bobine devait naturellement être supérieure, puisqu'une partie de la tension était absorbée par la soupape.

Nous avons dit tout à l'heure que le faisceau cathodique produit n'était pas en général homogène, et qu'il s'étalait en un spectre lorsqu'on le faisait traverser le champ magnétique ou électrique. Il importe de remarquer à ce propos que la luminosité de ce spectre est nettement décroissante vers la partie la plus déviée. *La partie la moins déviée est donc la plus lumineuse et correspond aux rayons de plus grande vitesse* (vraisemblablement sommet de la courbe, fig. 2, du potentiel de décharge); c'est sur elle qu'on effectuait le pointé. D'ailleurs, en réduisant convenablement la tension de l'alternateur, ce spectre se réduisait à une tache nette, à peu près circulaire, accompagnée d'une queue très pâle.

Tube cathodique (fig. 3). — Le tube cathodique employé avait une longueur totale d'environ 80 cm. La *cathode* en aluminium était portée par une tige de 12 cm. à 15 cm. de longueur, placée dans une tubulure de verre. L'*anode* en relation avec la terre sert en même temps de diaphragme. Elle est constituée par un cylindre creux en aluminium dont la longueur mesurait 7 cm., et à l'intérieur duquel se trouvait le *diaphragme*. Nous avons cru bien faire de placer le diaphragme à l'intérieur même du tube anode, afin de le soustraire à toute influence électrostatique. Dans ces conditions, aucune charge électrique induite ne peut exister dans le voisinage immédiat de l'orifice et exercer une action déviante sur le faisceau cathodique.

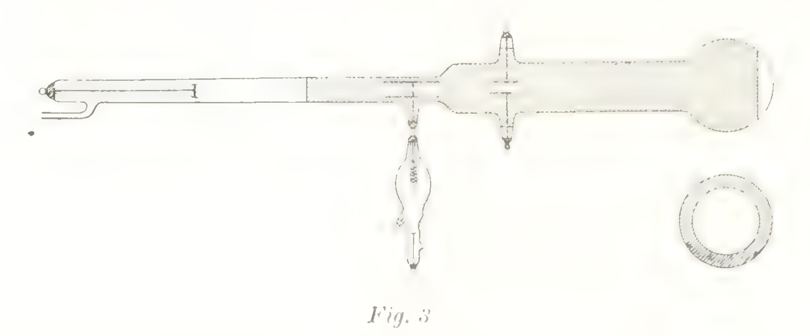


Fig. 3

L'ouverture du diaphragme était de 0.5 mm. Sa distance à la cathode était d'environ 30 cm. *Le fond même du tube servait d'écran fluorescent*, comme le montre la fig. 3. Il n'était par conséquent pas recouvert de papier d'étain, et l'on avait marqué avec beaucoup de soin et après avoir effectué le réglage complet, deux petits

points à l'encre de Chine, distants de 3 à 4 cm. environ (fig. 3). C'est sur ces points qu'on ramenait le milieu de la tache fluorescente, soit à gauche, soit à droite, en modifiant les champs électrique ou magnétique. Un troisième point intermédiaire correspondait à la position du faisceau non dévié, le champ magnétique terrestre étant annulé.

Le vide. — Le vide était produit à l'aide d'une pompe Gaede, combinée à une pompe rotative auxiliaire.

Afin d'éviter le dégagement progressif de gaz par les parois du tube et les pièces métalliques qui se trouvent à l'intérieur, nous avons préalablement chauffé à plusieurs reprises le tube à une température de 100 à 200 degrés, et cela en faisant activement fonctionner la pompe. C'est également en vue d'éviter les dégagements gazeux que notre tube (comme nous l'avait conseillé M. Villard) ne contenait aucune matière fluorescente spéciale; la tache fluorescente qui servait au pointé, se produisait sur le fond même du tube. Dans les expériences préliminaires faites en employant des écrans enduits de substances fluorescentes, nous avons observé que dès que l'on arrêtait la pompe, le moindre échauffement produisait un dégagement gazeux qui ne permettait pas de pousser le vide autant que le nécessitaient nos recherches. Enfin, pour augmenter le degré de vide, nous avons, dans quelques expériences, ajouté entre la pompe et le tube un refroidissement à air liquide destiné à condenser les impuretés et à diminuer leur tension de vapeur (voir fig. 4).

Le champ électrique. — Le *condensateur* qui sert à produire le champ électrique à l'intérieur du tube, se compose de deux plaques d'aluminium disposées aussi parallèlement que possible. Chacune de ces plaques mesure $5{,}07 \times 3{,}5$ cm.; elles sont à la distance moyenne de 0,889 cm.; cette distance a été mesurée à la machine à diviser, de façon à permettre un contrôle approximatif.

La tension était fournie au condensateur par une *batterie* de petits éléments (lampe de poche Jupiter) dont chaque groupe donnait approximativement 4,25 volts. La batterie se composait de 400 à 500 de ces groupes (soit environ 2000 volts maximum), auxquels s'ajoutaient 50 petits accumulateurs que l'on pouvait introduire ou supprimer rapidement au moyen de deux curseurs à manette. De cette façon, on pouvait effectuer le réglage rapide de la tension de 2 en 2 volts.

Le milieu de la batterie était en communication avec la terre; les deux plateaux du condensateur étaient donc toujours chargés à des potentiels symétriques $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$; la trajectoire des rayons cathodiques non déviés était donc toujours, comme l'anode et le tube, une ligne de potentiel zéro.

Le potentiel de la batterie était très constant et les mesures pouvaient se pro-

longer aussi longtemps qu'il était nécessaire, sans que l'on pût constater la moindre variation[1].

Le champ magnétique. — Le champ magnétique était produit par une paire de bobines parcourues par le courant d'une batterie d'accumulateurs. Ces bobines étaient disposées dans le voisinage du condensateur, de manière que les lignes de force du champ magnétique fussent autant que possible perpendiculaires à celles du champ électrique. Dans ces conditions, les déviations électriques et magnétiques peuvent être observées sur les mêmes repères.

Les mesures relatives des champs magnétiques étaient données par le rapport des intensités du courant mesurées sur le milliampèremètre dont nous avons parlé; cet appareil était combiné à un shunt de précision.

Les bobines et le tube étaient fixés solidairement sur un même support en bois; ce support ne contenait naturellement aucune partie métallique. Le tout était disposé sur une table entre les deux paires de cadres qui servaient à annuler le champ terrestre (fig. 4).

Mesure de I et de V. — L'appareil qui mesurait successivement la tension du condensateur V et l'intensité I du courant traversant les bobines, était un *milliampèremètre de précision* de Siemens, combiné à l'aide de commutateurs, soit avec de très grandes résistances soigneusement étalonnées, soit avec un shunt. On pouvait apprécier aisément sur cet appareil 0,1 division. Les plus petites déviations étaient d'environ 35 divisions; l'erreur sur cette mesure pouvait donc atteindre au maximum 1/350, soit 0,25 %[2].

Nous avons cru bien faire de vérifier l'homogénéité de la division de notre milliampèremètre en l'étalonnant par comparaison avec des résistances convenables en manganine soigneusement contrôlées avec une boite de précision de Carpentier. Les différences trouvées ont été tout à fait de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience. Le tableau suivant permettra de s'en rendre compte:

Déviations calculées	Déviations observées	Différences %
34,077	34,15	+ 0,205
52,012	52,00	— 0,019
70,625	70,75	+ 0,180
89,800	89,90	+ 0,11
98,777	98,60	— 0,13
108,520	108,20	— 0,29

[1] Nous tenons à signaler à propos de l'installation de cette batterie un curieux phénomène de transport de mercure. Les godets servant à mettre en communication les différentes batteries d'éléments étaient reliés par des fils étamés et isolés. Au bout de quelques jours, nous avons pu remarquer que le mercure a été transporté des godets placés au niveau le plus élevé dans ceux qui se trouvaient à un niveau plus bas. Le fil de cuivre étamé fonctionnait donc comme un siphon capillaire qui s'amorce de lui-même. Ce phénomène a été étudié depuis par M. A. Tcherniawsky (*Arch. des Sc. phys. et nat.*, Juillet 1912).

[2] Pour deux séries seulement la déviation n'était que de 20 à 25 divisions.

Compensation du champ magnétique terrestre. — Nous avons dit que pour donner à la méthode des trajectoires identiques toute sa rigueur, il est nécessaire d'annuler le champ magnétique terrestre. En annulant ce champ, non seulement on rend rigoureuses les considérations précédentes (page 294), mais on assure du même coup la symétrie des déviations gauche et droite.

En effet, le faisceau cathodique ayant une longueur totale de 65 cm. environ, la déviation que produit le champ terrestre peut être considérable, particulièrement lorsqu'on expérimente avec des corpuscules de faible vitesse. Cette déviation

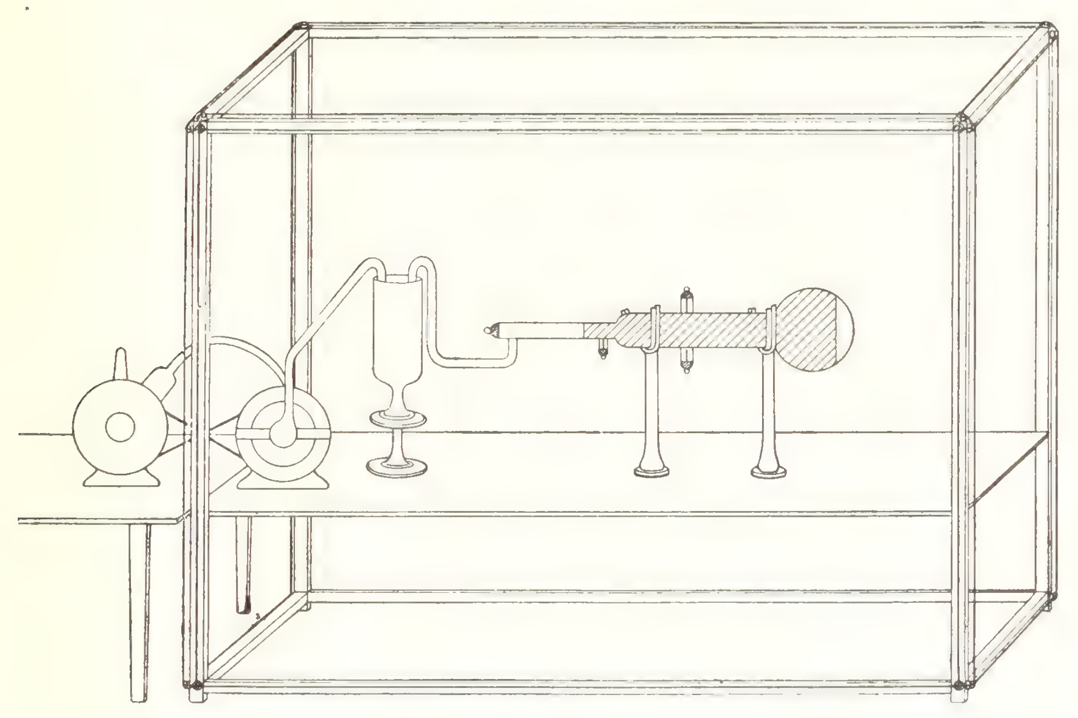


Fig. 4.

initiale est très fâcheuse, car les corpuscules ne suivent pas dans ces conditions des trajectoires symétriques par rapport aux plaques du condensateur ou à la position des bobines ; comme cette dissymétrie initiale n'est pas la même si l'on expérimente avec des rayons de faible et de grande vitesse, elle peut devenir une cause d'erreur systématique. Les mesures effectuées avec des corpuscules de vitesse différente deviennent moins comparables, particulièrement si les champs ne sont pas uniformes, et lors même que l'on a soin d'expérimenter alternativement par déviation gauche et droite. En d'autres mots, pour que la condition des trajectoires identiques soit satisfaite, il faut que le champ terrestre ou du moins sa composante déviante soit annulée.

Pour réaliser la compensation du champ terrestre, nous avons placé le tube dans la direction du méridien magnétique et disposé deux paires de cadres de grande dimension donnant chacune un champ très approximativement uniforme dans l'espace occupé par le faisceau cathodique[1] (fig. 4). Ces deux paires de cadres annulaient respectivement les composantes horizontale et verticale du champ terrestre.

Pour s'assurer de la compensation, on plaçait d'abord une aiguille aimantée dans le voisinage immédiat du tube cathodique, et l'on réglait le courant dans les cadres jusqu'à ce que l'aiguille restât en équilibre indifférent.

On pouvait ensuite procéder à un réglage plus exact encore par l'observation même des rayons cathodiques.

Dans ce but, on faisait varier progressivement le courant dans les cadres jusqu'à ce que le rayon cathodique ne fût plus étalé en un spectre, quelles que fussent les variations produites dans le potentiel de décharge ; c'est-à-dire quelle que fût la vitesse des rayons cathodiques. Lorsque le réglage est atteint, la position de la tache fluorescente sur le fond du tube devient indifférente à ces variations et n'éprouve presque plus aucun déplacement.

Un dernier contrôle pouvait être ajouté en soumettant le faisceau ainsi réglé à l'action déviante des champs magnétique et électrique que l'on inversait. On obtenait alors des déviations gauche et droite égales de part et d'autre de la position initiale du rayon.

Protection du faisceau cathodique contre les actions électrostatiques. — Pour protéger le faisceau cathodique contre les actions électrostatiques, nous avons recouvert presque toute la surface extérieure du tube avec du papier d'étain mis en communication avec la terre. Seule, l'extrémité du tube de verre qui entoure la cathode et le fond même du tube sur lequel venait se produire la trace fluorescente, ont été laissés à nu. Dans ces conditions, nous n'avons pu déceler aucun déplacement de la tache lumineuse provenant d'une action électrostatique extérieure ou intérieure. En effet, ce dispositif fonctionne comme écran électrostatique pour les actions extérieures, et si des charges électriques venaient à recouvrir intérieurement les parois du tube, des charges égales et de signe contraire dues à l'influence en annuleraient approximativement l'effet sur le faisceau cathodique.

[1] Des mesures sur l'uniformité du champ compensateur ont été effectuées par une méthode balistique; elles ont montré une divergence de 1 $^{1}/_{2}$ % entre la position de la cathode et le fond du tube servant d'écran. Cette petite différence est sans importance, attendu que nous avons toujours effectué les mesures en prenant la moyenne des déviations droite et gauche obtenues en renversant les champs électrique ou magnétique.

Cette précaution est particulièrement importante avec les rayons de faible vitesse très sensibles aux causes déviantes.

Détermination de la constante [A] *et valeur de* $\frac{\varepsilon}{\mu}$. — La constante [A] qui figure dans les équations (1) et (3), peut être déterminée par le calcul ou par l'expérience. Mais si l'on suit la première voie, il est nécessaire d'introduire des hypothèses plus ou moins justifiées.

Une première hypothèse, absolument insuffisante, consiste à considérer le champ comme constant entre les plateaux du condensateur et comme nul en dehors de ce condensateur. Cette hypothèse nous a conduits à la valeur [A] = 173.

Un calcul plus exact peut être effectué en tenant compte du champ extérieur au condensateur. Nous avons pris comme base de ce calcul la formule donnée par Maxwell (Traité d'Électricité et de Magnétisme) et le graphique qui la résume. Mais ce graphique est relatif au cas d'un *condensateur illimité dans un sens et éloigné de tout conducteur;* il ne correspond pas non plus, au point de vue de la forme du champ électrique, aux conditions de nos expériences, c'est-à-dire au cas d'un *condensateur court, placé dans un tube relativement étroit.* Le calcul effectué d'après le graphique de Maxwell au moyen d'un intégraphe nous a donné la valeur [A] = 224.

L'expérience était assurément le moyen le plus sûr d'éliminer toutes ces incertitudes. Nous nous sommes donc décidés à effectuer directement des mesures sur des rayons cathodiques de faible vitesse, de façon à déterminer [A] par la relation précédemment établie :

$$[A] = 2 \frac{U}{V} \frac{\mu}{(\mu)} y. \qquad (6)$$

Comme source de rayons cathodiques, nous avons utilisé une machine électrostatique, de Töpler, à 20 plateaux. Nous avons, en outre, régularisé le potentiel, soit par la marche uniforme de la machine, soit en fixant sur ses deux pôles deux balais placés en regard l'un de l'autre, à distance réglable. Des aigrettes jaillissaient entre ces balais. Dans ces conditions, nous avons obtenu un potentiel très constant et une décharge régulière dans le tube.

Le potentiel de décharge U est mesuré avec un électromètre de Braun soigneusement calibré à plusieurs reprises avec un électromètre absolu de MM. Bichat et Blondlot.

La distance y a été mesurée sur le fond du tube, entre les repères, au moyen d'une machine à diviser et d'une lunette ; elle était de 1,987 cm.

Trois séries d'expériences nous ont donné les résultats suivants :

U volts	V volts	[A]
9 330	174,0	212,6
15 444	282,6	214,6
13 200	244,5	212,6

Moyenne [A] = 213.3

Il importe de remarquer qu'une erreur de 1 pour cent sur [A] entraîne une erreur de 0,5 pour cent sur la vitesse v et sur toutes les vitesses v' (formule II). Comme dans la limite de nos expériences le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ varie encore très lentement avec la vitesse, l'erreur qui en résulte sur ce rapport, n'est, dans ce cas, que de 2 pour mille environ, quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse adoptée.

L'erreur qui provient du choix de la valeur $\frac{\varepsilon}{\mu}$ dans la détermination des vitesses absolues est aussi très petite. Si, au lieu d'adopter la valeur de Simon $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1,878 \times 10^7$, on lui substitue la valeur plus récemment obtenue par Classen et Woltz $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1,77 \times 10^7$, l'erreur qui en résulte sur $\frac{\mu'}{\mu}$ est d'environ 6 pour mille dans les conditions de nos expériences, par exemple, entre 80.000 et 147.000 km. sec. (Lorentz). Or, cet écart de 6 pour mille serait encore de quatre à cinq fois plus petit que la différence des valeurs $\left[\frac{\mu'}{\mu}\right]$ calculées par les formules d'Abraham et de Lorentz entre les mêmes limites de vitesse. L'incertitude sur la valeur exacte de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ n'est donc pas de nature à compromettre les résultats que l'on peut retirer de la méthode.

Résultats [1].

Afin de pouvoir grouper en un seul tableau les résultats obtenus dans toutes nos séries d'observations, nous avons fait subir aux valeurs, $\frac{\mu'}{\mu}$ trouvées directement par l'expérience, un calcul de réduction.

[1] Les valeurs de I et de V, à l'aide desquelles ont été calculés les tableaux ci-après, sont données plus loin (voir Appendice).

Dans ce but, les vitesses v et v' étant connues, nous avons calculé par les courbes représentant les formules théoriques (7) et (8) de Lorentz et d'Abraham les valeurs

$$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_L \quad \left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_A, \quad \left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_L \quad \left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_A.$$

Toutes les observations étaient alors réduites au moyen de la relation

$$\frac{\mu'}{\mu_0} = \frac{\mu'}{\mu}\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$$

calculée, soit dans l'hypothèse de Lorentz, soit dans celle d'Abraham.

D'ailleurs, $\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ est d'autant plus voisin de l'unité que les rayons de comparaison sont plus lents; sa valeur était généralement de 1,03.

Les tableaux qui suivent donnent les résultats de toutes les séries d'observations que nous avons faites. Dans le premier, la réduction est faite par la formule de Lorentz-Einstein; dans le second, par celle d'Abraham. Les expériences sont ordonnées d'après les vitesses croissantes, *quels que soient d'ailleurs l'ordre chronologique et les conditions dans lesquelles elles ont été effectuées.*

Hypothèse de Lorentz-Einstein.

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu}\right]_L$	Différences
(1)	64 274	1,027	1,024	+ 0,003
(2)	85 406	1,047	1,044	+ 0,003
(3)	92 856	1,060	1,052	+ 0,008
(4)	94 646	1,052	1,054	— 0,002
(5)	96 280	1,072	1,056	+ 0,016
(6)	98 199	1,074	1,058	+ 0,016
(7)	108 730	1,062	1,072	— 0,010
(8)	110 440	1,057	1,075	— 0,018
(9)	115 680	1,095	1,083	+ 0,012
(10)	117 150	1,077	1,086	— 0,009
(11)	117 990	1,082	1,087	— 0,005
(12)	122 020	1,086	1,094	— 0,008
(13)	123 660	1,118	1,097	+ 0,021
(14)	123 870	1,123	1,098	+ 0,025
(15)	124 300	1,103	1,099	+ 0,004
(16)	125 840	1,118	1,101	+ 0,017
(17)	126 610	1,104	1,103	+ 0,001
(18)	127 270	1,118	1,104	+ 0,014
(19)	133 570	1,135	1,117	+ 0,012

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu}\right]_A$	Différences
(20)	134 380	1,147	1,118	+ 0,029 ?
(21)	137 700	1,116	1,125	— 0,009
(22)	139 920	1,139	1,131	+ 0,008
(23)	140 930	1,153	1,133	+ 0,020
(24)	142 700	1,116	1,137	— 0,021
(25)	142 760	1,135	1,137	— 0,002
(26)	148 640	1,172	1,151	+ 0,021
(27)	149 500	1,174	1,154	+ 0,020

Hypothèse d'Abraham.

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu}\right]_A$	Différences
(1)	64 274	1,024	1,018	+ 0,006
(2)	85 406	1,039	1,034	+ 0,005
(3)	92 856	1,057	1,040	+ 0,017
(4)	94 646	1,049	1,042	+ 0,007
(5)	96 280	1,064	1,044	+ 0,020
(6)	98 199	1,065	1,045	+ 0,020
(7)	108 730	1,055	1,057	— 0,002
(8)	110 430	1,054	1,060	— 0,006
(9)	115 680	1,087	1,066	+ 0,021
(10)	117 250	1,070	1,068	+ 0,002
(11)	117 990	1,075	1,070	+ 0,005
(12)	122 020	1,078	1,075	+ 0,003
(13)	123 660	1,109	1,077	+ 0,032
(14)	123 870	1,110	1,078	+ 0,032
(15)	124 300	1,095	1,078	+ 0,017
(16)	125 840	1,111	1,080	+ 0,031
(17)	126 610	1,097	1,082	+ 0,015
(18)	127 270	1,109	1,082	+ 0,027
(19)	133 570	1,126	1,092	+ 0,034
(20)	134 380	1,138	1,093	+ 0,045
(21)	137 700	1,110	1,098	+ 0,012
(22)	139 920	1,130	1,102	+ 0,028
(23)	140 930	1,140	1,103	+ 0,037
(24)	142 700	1,110	1,107	+ 0,007
(23)	142 760	1,126	1,107	+ 0,019
(26)	148 640	1,159	1,117	+ 0,042
(27)	149 500	1,167	1,119	+ 0,048

Les écarts que l'on constate, même entre les séries voisines, nous autorisent à grouper ces observations par trois et à en prendre la moyenne. Nous avons alors obtenu le tableau final suivant qui a été publié aux C. R. de l'Académie des Sciences (7 fév. 1910) et qui résume toutes nos expériences :

Vitesse des rayons	*Hypothèse de Lorentz-Einstein* $\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$	Différences	*Hypothèse d'Abraham* $\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$	Différences
80 845	1,045	1,038	+ 0,007	1,040	1,030	+ 0,010
96 375	1,066	1,056	+ 0,010	1,060	1,044	+ 0,016
111 610	1,072	1,077	— 0,005	1,065	1,061	+ 0,004
119 050	1,082	1,089	— 0,007	1,074	1,071	+ 0,003
123 940	1,115	1,098	+ 0,017	1,105	1,078	+ 0,027
126 570	1,114	1,103	+ 0,011	1,106	1,082	+ 0,024
135 220	1,133	1,120	+ 0,013	1,125	1,094	+ 0,031
141 180	1,136	1,133	+ 0,003	1,127	1,103	+ 0,024
147 000	1,160	1,147	+ 0,013	1,151	1,113	+ 0,038

Fig. 5.

La (fig. 5) représente graphiquement les résultats consignés dans ce tableau; les croix sont relatives à l'hypothèse de Lorentz, les points à celle d'Abraham. Les deux courbes L et A représentent les formules théoriques (7) et (8) page 298.

Conclusions de la première partie.

Avant de formuler notre conclusion, résumons d'abord brièvement les conditions expérimentales qui caractérisent nos expériences, conditions qui nous ont permis d'étendre les mesures de la variation d'inertie des corpuscules cathodiques

jusqu'au voisinage d'une vitesse égale à la *moitié de celle de la lumière*, et cela sans l'intervention de la lumière ultraviolette.

Ces conditions sont :

1° L'emploi de la méthode des trajectoires identiques, qui permet d'opérer sur des déviations relativement grandes, et qui ne nécessite, dans la limite de nos expériences, ni la connaissance exacte des champs magnétique ou électrique, ni leur uniformité.

2° L'emploi d'un système compensateur annulant le champ terrestre et donnant, par conséquent, à la méthode précédente son maximum de rigueur, en assurant, en outre, la symétrie des déviations gauche et droite.

3° L'emploi d'une source alternative de grande périodicité et de débit appréciable, donnant au fonctionnement du tube, particulièrement dans les expériences à très haut voltage, une régularité beaucoup plus grande qu'avec les machines électrostatiques de faible débit.

Indépendamment de ces trois conditions principales, nous mentionnerons toute une série de mesures de précaution qui nous paraissent indispensables dans des mesures de précision. Nous citerons particulièrement :

a) La protection du tube contre les actions électrostatiques extérieures ou intérieures, par l'emploi de papier d'étain à la terre recouvrant extérieurement la presque totalité du tube.

b) L'augmentation du degré de vide par l'action simultanée du chauffage du tube et de la double pompe de Gaede ; la suppression de toute matière fluorescente autre que le verre ; enfin, l'action de l'air liquide destiné à condenser les impuretés et à diminuer ainsi leur tension de vapeur ; la suppression de tout robinet, le tube étant directement soudé à la pompe.

c) L'emploi de conducteurs noyés dans du caoutchouc pour amener le courant de haute tension du secondaire de la bobine jusqu'au tube cathodique, de façon à éviter, autant que possible, les décharges latérales.

d) La symétrie du champ électrostatique assurée par rapport à l'enveloppe du tube, en chargeant toujours les deux plateaux du condensateur à des potentiels $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$, l'enveloppe du tube étant à la terre.

e) La mise à la terre du condensateur pendant les mesures de déviation magnétique.

f) La vérification de la graduation du milliampèremètre servant à mesurer V et I, ainsi que les résistances employées.

g) La comparaison avec un électromètre absolu du voltmètre mesurant le potentiel de décharge (détermination de la constante [A]).

h) Enfin, le mode opératoire consistant à expérimenter toujours par déviation à droite et à gauche, en alternant les déviations magnétique et électrique, de façon à éliminer, autant que possible, l'influence des variations de vitesse des rayons cathodiques au cours d'une même série, variations qui constituent la plus grande difficulté des mesures effectuées sur les rayons cathodiques de grande vitesse.

D'autre part, nous mentionnons comme principal inconvénient de la méthode le *peu d'exactitude du pointé;* l'écart maximum sur chaque lecture isolée pouvait être évalué à 2/10 ou 3/10 de mm. soit 6/10 sur l'ensemble de deux lectures droite et gauche, et cela pour une déviation de 40 mm. ; donc, dans le cas le plus défavorable, l'erreur sur le pointé seulement pouvait atteindre 1 $^1/_2$ $^0/_0$ environ sur une *mesure isolée.* Cet écart devait nécessairement être beaucoup moindre sur les moyennes et ne justifierait pas, à notre avis, les écarts observés entre les séries voisines. Ces écarts sont dus, probablement en grande partie, aux *variations inévitables et pas toujours compensées de la dureté du tube au cours d'une même série.*

Les autres causes d'erreur que nous avons cherché à évaluer : erreur provenant du chiffre adopté pour la valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$; erreur résultant de la variation de vitesse du corpuscule dans le champ électrostatique ; erreur provenant de la graduation des instruments de mesures ; toutes ces erreurs se sont trouvées individuellement, dans les limites de nos expériences de quelques pour mille seulement. Elles ne nous paraissent pas suffisantes pour modifier la conclusion qui se dégage de la fig. 5, à savoir que la théorie de l'électron indéformable ne donne pas en moyenne des résultats conformes à l'expérience pour les grandes vitesses. Même si l'on substitue à la valeur de Simon celle de Classen et de Woltz, cette substitution aurait pour effet d'augmenter encore un peu la divergence entre cette formule et l'expérience.

D'autre part, les résultats de notre travail ne sont pas assez précis pour infirmer la formule de Lorentz-Einstein. Les écarts observés peuvent, en effet, être envisagés comme rentrant encore dans la limite des erreurs d'expérience, surtout si l'on prend en considération le fait que pour obtenir les différents points indiqués sur les courbes de la fig. 5, on a ordonné toutes les expériences d'après la vitesse trouvée pour les rayons cathodiques, quelles que soient l'époque et les conditions dans lesquelles ces expériences ont été effectuées. On n'a donc tenu aucun compte du fait que les expériences isolées qui déterminent une position sur la fig. 5, ont été effectuées souvent dans des conditions différentes, par exemple en choisissant d'autres déviations ; les tubes ayant dû, au cours des expériences, être modifiés après perforation, et les cathodes changées par suite de leur détérioration, la position des bobines magnétisantes n'était pas non plus la même dans toutes les séries de mesures. Cette variété dans les conditions des expériences explique en partie pourquoi la

position des points manque de continuité, mais il n'en est que plus remarquable de constater leur rapprochement de la courbe théorique de Lorentz, particulièrement pour les grandes vitesses.

Une dernière remarque : les deux catégories de points de la fig. 5 correspondent aux résultats expérimentaux suivant qu'ils ont été corrigés, en supposant exacte la formule de Lorentz ou celle d'Abraham.

Comme il ne s'agit ici que d'une correction, il est évident que l'on ne peut tirer aucune conclusion du fait que les valeurs expérimentales, corrigées par la formule d'Abraham, s'approchent davantage de la courbe théorique de Lorentz; la différence entre les deux catégories de points est, comme on le voit par la figure elle-même, de l'ordre des erreurs accidentelles.

Nous pouvons donc conclure que, *des deux formules proposées, celle de Lorentz-Einstein est la seule qui donne, pour les rayons cathodiques de grande vitesse, des résultats compatibles avec la moyenne de nos expériences.*

Appendice au premier mémoire.

Nous donnons ci-dessous les valeurs moyennes directement observées de V et de I (lectures au voltmètre et à l'ampèremètre). C'est à l'aide de ces valeurs qu'ont été calculés les tableaux qui précèdent. Il convient de remarquer que les chiffres ne sont comparables que pour une même série, la sensibilité du voltmètre et de l'ampèremètre n'étant pas la même pour toutes les séries ; il en est de même de la déviation y et de la position des bobines qui produisent le champ magnétique.

1re série ($y = 2,23$)

	I	V
	23,37	509,7
(14)	33,17	962,0
(23)	38,75	1279,0
(26)	41,55	1446,0

2me série ($y = 2,25$)

	I	V
	34,30	21,43
(1)	38,86	27,27
(3)	57.97	58.77
(8)	68,71	82,84
(4)	58.63	60.58

3me série ($y = 1,987$)

	I	V
	39,33	35,38
(13)	70,30	104,64
(15)	67,75	98,49
(18)	68,28	98,75
(19)	74,90	117,00
(20)	76,16	119,69
(22)	80.03	133.62
(25)	78,74	128,85

4me série ($y = 1,987$)

	I	V
	39,25	33,64
(7)	58,46	72,56
(10)	63.87	85,42
(12)	67,04	93,39

5me série ($y = 1,987$)

	I	V
	39,56	34,90
(11)	63,94	87,11
(17)	70,03	102.38
(16)	70,47	102,40

6me série ($y = 1,987$)

	I	V
	41,45	38,06
(2)	44,86	44,15
(5)	51,79	57,46
(6)	52,89	59,85
(9)	63,56	84,73

7me série ($y = 1,987$)

	I	V
	39.22	23,85
(21)	81,162	94,237
(24)	84,16	101,11
(27)	92.82	117,19

DEUXIÈME PARTIE

Expériences de MM. C.-E. Guye et Ch. Lavanchy [1].

MÉTHODE.

Le succès de mesures de haute précision est intimément lié au choix de la méthode employée. Écartant d'emblée celles qui nécessitent la mesure de très hauts potentiels, nous avons adopté après l'avoir modifiée convenablement la méthode des *trajectoires identiques* utilisée antérieurement par MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky. Le développement qu'en ont donné ces auteurs dans leur mémoire nous autorise à n'en faire ici qu'un résumé succinct, avant d'exposer les modifications que nous y avons apportées.

1. *Méthode des « trajectoires identiques »*. — On démontre [2] aisément que, dans un *champ magnétique*, des électrons de vitesse différente peuvent être amenés à suivre rigoureusement une même trajectoire. Il suffit pour cela que l'on ait, pour chaque point de la trajectoire, la relation suivante :

$$\text{(I)} \qquad \frac{\mathrm{I}}{\mu v} = \frac{\mathrm{I}'}{\mu' v'}$$

reliant les masses μ et μ' de deux faisceaux cathodiques de vitesse v et v' et les intensités I et I′ du courant produisant le champ magnétique [3] déviant.

Dans un champ magnétique, la force agissante étant toujours normale à la trajectoire, les corpuscules d'un même faisceau ne sont soumis durant tout leur parcours à aucune accélération tangentielle ; ils conservent donc, en tous les points de cette trajectoire, une même vitesse, par conséquent aussi une même masse. Les quantités μ et v sont donc des constantes pour un même faisceau. Il en est de même de μ' et v' relatifs au second faisceau.

[1] Indépendamment des principaux chapitres du mémoire publié aux Archives en 1915, nous avons reproduit dans cet exposé les données directes d'observations et les tableaux complets qui les résument.

[2] C.-E. Guye et S. Ratnowsky, *loc. cit.*, p. 294.

[3] Champ magnétique obtenu évidemment par un enroulement sans fer.

Dans un *champ électrique* obtenu entre deux plateaux parallèles, au contraire, la force agissante n'est plus tout à fait normale à la trajectoire ; les corpuscules ne conserveront donc ni une vitesse, ni une masse rigoureusement constantes le long de cette trajectoire. En négligeant [1] ces variations, et en admettant d'autre part que le champ est bien, en chaque point, proportionnel à la tension des plateaux [2], on peut considérer comme pratiquement identiques les trajectoires de deux faisceaux animés de vitesses différentes. Il suffit pour cela que les masses μ et μ' de deux faisceaux cathodiques de vitesse v et v' et les tensions V et V′ produisant le champ électrique déviant soient liées, pour chaque point de la trajectoire, par la relation :

$$\text{(II)} \qquad \frac{V}{\mu v^2} = \frac{V'}{\mu' v'^2}.$$

Donc, en résumé, des faisceaux de vitesse différente peuvent être amenés à suivre, pratiquement dans un champ électrique, rigoureusement dans un champ magnétique, des trajectoires identiques. Expérimentalement, la chose n'offre pas de difficulté : il suffit de ramener ces faisceaux quelle que soit leur vitesse à une déviation magnétique et électrique constante.

Dans ce cas, les formules (I) et (II) conduisent aux relations tout à fait générales :

$$\text{(III)} \qquad \frac{v'}{v} = \frac{IV'}{VI'},$$

$$\text{(IV)} \qquad \frac{\mu'}{\mu} = \frac{VI'^2}{I^2V'}.$$

absolument indépendantes des valeurs particulières des intégrales de champ.

Les rapports $\frac{v'}{v}$ et $\frac{\mu'}{\mu}$ s'obtiendront ainsi par *la comparaison des valeurs relatives de deux intensités et de deux différences de potentiel.*

La comparaison des résultats expérimentaux avec les formules théoriques nécessite d'une part la connaissance de la valeur absolue d'une vitesse que nous appellerons *vitesse de comparaison*, laquelle permettra de déterminer la valeur absolue de toutes les autres au moyen de la formule (III), et d'autre part la connaissance, pour cette vitesse de comparaison, de la valeur absolue de l'expression $\frac{\mu}{\mu_0}$ (les autres valeurs de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ se déduisant ensuite de l'équation (IV).

[1] Ces variations sont bien au-dessous des limites des erreurs d'expériences lorsque les déviations ne sont pas par trop grandes, comme un calcul approximatif nous l'a montré.

[2] Donc en ne tenant pas compte de l'altération du champ par les phénomènes d'ionisation qui, au degré de vide de nos expériences, sont très vraisemblablement sans influence.

La détermination de la vitesse de comparaison s'obtiendra au moyen de l'équation bien connue:

(V) $$U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2,$$

équation reliant la charge ε, la masse cinétique (μ) et la vitesse v d'un corpuscule cathodique au potentiel de décharge U dans le tube. On en tire immédiatement:

(V′) $$v = \sqrt{2U\frac{\varepsilon}{(\mu)}}.$$

Il suffirait donc de connaître U et $\frac{\varepsilon}{(\mu)}$ pour obtenir la valeur de cette vitesse de comparaison.

Des considérations pratiques développées plus loin nous ont conduits à prendre, pour cette détermination, un chemin un peu différent, suivi du reste déjà par MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky, et dont nous ne donnons ici que le résumé.

On sait en effet que les déviations électrique et magnétique sont liées à la masse μ, à la vitesse v et à la tension V ou à l'intensité I par les formules suivantes:

(VI)
$$x = A\frac{\varepsilon V}{\mu v^2} \quad \text{(déviation électrique)},$$
$$y = B\frac{\varepsilon I}{\mu v} \quad \text{(déviation magnétique)},$$

dans lesquelles A et B sont les intégrales des champs électrique et magnétique, constantes pour une trajectoire déterminée et définies par les équations:

$$A = \int_0^{x_0} dx \int_0^x F_1 dx \qquad B = \int_0^{x_0} dx \int_0^x H_1 dx$$

où F_1 et H_1 sont les champs électrique et magnétique correspondant respectivement à $V = 1$ et $I = 1$. En combinant la première de ces relations avec l'équation (V), on en tire la valeur de A, ainsi qu'une nouvelle expression de la vitesse v:

(VII) $$A = 2\frac{U}{V}\frac{\mu}{(\mu)}x,$$

(VIII) $$v = \sqrt{\frac{A}{x}\frac{\varepsilon}{\mu_0}\frac{\mu_0}{\mu}V}.$$

C'est au moyen de cette formule que se calculait la vitesse de comparaison. Une série de mesures préliminaires permettait de déterminer A, constante qu'il suffisait ensuite d'introduire dans la formule (VIII).

Donc, en définitive, v ne dépendait que du produit des valeurs absolues de

$$U, \frac{\varepsilon}{\mu_0}, \frac{\mu}{(\mu)} \text{ et de } \frac{\mu_0}{\mu}\,[1].$$

Le potentiel de décharge U était lu à l'électromètre. La valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ est connue actuellement d'une façon suffisamment exacte. Enfin, les formules théoriques donnent les valeurs de $\frac{\mu}{(\mu)}$ et $\frac{\mu_0}{\mu}$ relatives à chacune des deux hypothèses. Ainsi la vitesse v pouvait être calculée dans le cas de rayons lents avec une grande exactitude dans les deux hypothèses.

Il importe de remarquer que *cette détermination de A doit se faire aux petites vitesses;* car ce n'est que dans ces conditions seulement que les coefficients d'inertie μ et (μ) sont voisins de μ_0 et très peu différents suivant l'hypothèse considérée, et surtout que le potentiel de décharge, encore relativement peu élevé, peut être mesuré avec une précision suffisante.

En possession d'une vitesse de comparaison v et de la valeur théorique de $\frac{\mu}{\mu_0}$ correspondante, il était facile de calculer ensuite par les formules (III) et (IV) toutes les autres valeurs de v' et de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ pour l'ensemble des expériences, donc de comparer les résultats expérimentaux aux formules théoriques.

2. *Modifications apportées à la méthode.* — Deux avantages principaux caractérisaient la méthode résumée ci-dessus : elle éliminait la mesure des hauts potentiels, puisque la détermination de la vitesse de comparaison se faisait au moyen de rayons lents ; et elle n'exigeait pas la connaissance des intégrales de champ, puisque le faisceau, quelle que fût sa vitesse, traversait des champs semblables. Elle était donc particulièrement bien adaptée à des *mesures comparatives* exactes.

Mais il subsistait deux inconvénients importants, inhérents au principe de la méthode elle-même, et signalés déjà du reste par ses auteurs : l'erreur sur le pointé pouvait, sur une mesure isolée, atteindre environ $1\,{}^1/_2\,{}^0/_0$ [2]; et surtout la méthode ne permettait pas des déterminations rapides, la variation de dureté du tube au cours d'une même expérience constituant une difficulté importante des recherches sur les rayons cathodiques de grande vitesse. Nous avons donc cherché, tout en lui conservant ses avantages, à perfectionner la méthode précédente de façon à aug-

[1] En substituant la valeur de A dans la formule (VIII), on retrouve en effet la formule (V').

[2] Avec le nouveau dispositif, chaque mesure isolée pouvait se faire avec une sensibilité voisine du $^1/_{300}$.

menter le plus possible et la rapidité des déterminations et la précision du pointé. Nous y sommes parvenus en substituant un *enregistrement photographique rapide* aux tâtonnements que nécessitaient quatre lectures directes et successives correspondant à des déviations rigoureusement les mêmes[1].

Cet enregistrement photographique entraîne un nouvel examen de la méthode des trajectoires identiques. En effet, pour assurer la rapidité des déterminations, nous ne ramenions plus le faisceau à une déviation rigoureusement constante, mais *presque constante ;* les trajectoires n'étaient donc plus rigoureusement identiques, *mais presque identiques.*

Le raisonnement que nous avons fait plus haut admettait la constance des intégrales de champ. Il n'est donc plus applicable en toute rigueur dans ce nouveau cas, puisque ces intégrales dépendent des trajectoires elles-mêmes. Nous avons ainsi dû entreprendre une étude expérimentale et préalable de la variation de ces intégrales en fonction de la déviation. Cette étude, détaillée du reste plus loin, nous a montré que nous pouvions considérer encore *dans le cas de déviations presque constantes* les quantités A et B comme pratiquement constantes[2].

Etablissons maintenant nos formules fondamentales en partant des équations de déviation données déjà précédemment (équations VI). Pour deux faisceaux de vitesse v et v' suivant des trajectoires presque identiques, ces équations deviendront :

$$\text{(IX)} \qquad \left.\begin{aligned} x &= \mathrm{A}\,\frac{\varepsilon \mathrm{V}}{\mu v^2} \\ x' &= \mathrm{A}'\,\frac{\varepsilon \mathrm{V}'}{\mu' v'^2} \end{aligned}\right\} \text{(déviation électrique)},$$

$$\text{(X)} \qquad \left.\begin{aligned} y &= \mathrm{B}\,\frac{\varepsilon \mathrm{I}}{\mu v} \\ y' &= \mathrm{B}'\,\frac{\varepsilon \mathrm{I}'}{\mu' v'} \end{aligned}\right\} \text{(déviation magnétique)},$$

x et x' étant des déviations électriques (très voisines), V et V$'$ les tensions correspondantes, y et y' des déviations magnétiques (de même très voisines), I et I$'$ les intensités correspondantes.

Faisant en outre $\mathrm{A} = \mathrm{A}'$ et $\mathrm{B} = \mathrm{B}'$ d'après nos remarques précédentes, on

[1] Une série de déterminations qui dans le cas du travail précédent pouvait nécessiter un temps souvent très long se faisait presque instantanément par l'enregistrement photographique ; notre dispositif permettait, en outre, comme on le verra, de contrôler les perturbations qui pouvaient se produire dans l'émission cathodique au cours d'une expérience.

[2] Voir p. 330 et suivantes.

tire aisément des relations ci-dessus les formules définitives suivantes et directement applicables à nos expériences :

$$\text{(XI)} \qquad \frac{v'}{v} = \frac{\mathrm{IV}'}{\mathrm{VI}'} \cdot \frac{xy'}{yx'} \cdot$$

$$\text{(XII)} \qquad \frac{\mu'}{\mu} = \frac{\mathrm{VI}'^2}{\mathrm{I}^2\mathrm{V}'} \cdot \frac{y^2x'}{xy'^2} \cdot$$

Dans le calcul de nos expériences x, x', y, y' désignent les doubles déviations électriques et magnétiques.

Remarquons enfin que l'étude expérimentale des intégrales de champ A et B en fonction de la déviation permettrait d'utiliser la méthode dans des limites beaucoup plus larges.

En désignant par A_0 et A_n, B_0 et B_n les valeurs de ces intégrales correspondant à des déviations x_0 et x_n (déviations électriques), et y_0 et y_n (déviations magnétiques) on a les quatre formules :

$$\text{(IX')} \qquad \left.\begin{aligned} x_0 &= \mathrm{A}_0 \frac{\varepsilon \mathrm{V}}{\mu v^2} \\ x_n &= \mathrm{A}_n \frac{\varepsilon \mathrm{V}'}{\mu' v'^2} \end{aligned}\right\} \text{(déviation électrique)},$$

$$\text{(X')} \qquad \left.\begin{aligned} y_0 &= \mathrm{B}_0 \frac{\varepsilon \mathrm{I}}{\mu v} \\ y_n &= \mathrm{B}_n \frac{\varepsilon \mathrm{I}'}{\mu' v'} \end{aligned}\right\} \text{(déviation magnétique)},$$

d'où l'on peut tirer les équations (XI′) et (XII′) qui sont une généralisation de nos équations (XI) et (XII)

$$\text{(XI')} \qquad \frac{v'}{v} = \left[\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{L}}\right] \frac{\mathrm{IV}'}{\mathrm{VI}'} \frac{x_0 y_n}{y_0 x_n},$$

$$\text{(XII')} \qquad \frac{\mu'}{\mu} = \left[\frac{\mathrm{L}^2}{\mathrm{K}}\right] \frac{\mathrm{VI}'^2 y_0^2 x_n}{\mathrm{I}^2\mathrm{V}' x_0 y_n^2}.$$

dans lesquelles

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{A}_n}{\mathrm{A}_0}, \qquad \mathrm{L} = \frac{\mathrm{B}_n}{\mathrm{B}_0}.$$

Il est facile de voir qu'en faisant dans ces expressions $\mathrm{K} = 1$, $\mathrm{L} = 1$, on retrouve nos formules (XI) et (XII) ; en faisant en outre $x_0 = x_n$ et $y_0 = y_n$, c'est-à-dire en envisageant le cas où les trajectoires sont rigoureusement identiques, on retombe sur les formules (III) et (IV).

Ces expressions générales nous donnent en outre des indications intéressantes sur l'influence de la variation des intégrales de champ. On remarque, en effet, que

les variations relatives L de la constante B interviennent à la puissance seconde dans le coefficient du rapport $\frac{\mu'}{\mu}$, tandis que les variations K de la constante A n'y figurent qu'à la première puissance.

Note additionnelle. — Il importe de remarquer que la méthode des trajectoires identiques (avec déviation électrique et déviation magnétique successives) est plus sensible pour décider entre les formules d'Abraham et de Lorentz-Einstein, que celle basée sur la mesure du potentiel de décharge et la déviation magnétique des rayons de diverses vitesses (Hupka).

La méthode des trajectoires identiques conduit en effet à l'expression pour le rapport des masses transversales :

$$\frac{\mu'}{\mu} = \left[\frac{V I'^2}{V' I^2}\right] \quad (a)$$

Tandis que la seconde méthode fournit la relation

$$\frac{\mu'}{\mu} = \sqrt{\frac{(\mu')}{(\mu)}} \left[\frac{I'}{I}\sqrt{\frac{U}{U'}}\right] \quad (b)$$

Indépendamment de la plus grande difficulté de mesurer avec précision les potentiels de décharge très élevés U', on voit que le facteur expérimental entre crochets, varie, toutes conditions égales, plus lentement dans le cas de la formule *(b)* que dans celui de la formule *(a)*, puisque ce facteur formule *(b)* est multiplié par le rapport $\sqrt{\frac{(\mu')}{(\mu)}}$ lequel varie dans le même sens que $\frac{\mu'}{\mu}$ quelle que soit l'hypothèse admise.

En outre, les quantités qui entrent dans la formule *a* (courant magnétisant I traversant les bobines et différences V de potentiel aux bornes du condensateur) peuvent être mesurées avec une très grande précision.

Dispositif Expérimental.

Le schéma général (fig. 1) et sa légende explicative donnant avec des détails suffisants la disposition des divers appareils utilisés dans nos expériences, nous passerons immédiatement à la description de chacun d'eux.

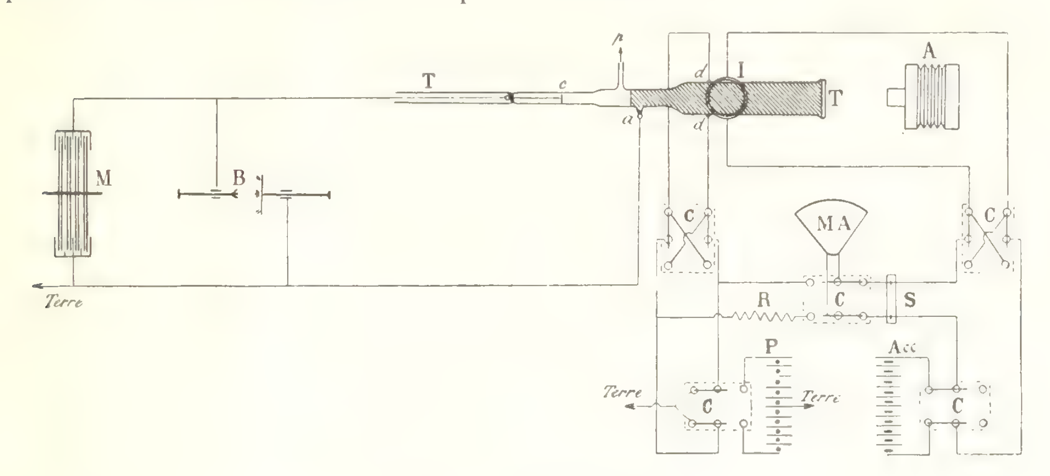


Fig. 1. — Schéma général.

M, machine statique; B, balais régulateurs; TT, tube cathodique; *c*, cathode ; *a*, anode; *p*, tube relié à la pompe; *dd*, conducteurs reliés aux plateaux du condensateur; I, bobines produisant le champ magnétique déviant; A, appareil photographique; *C*, *C*, commutateurs-interrupteurs; MA, milliampèremètre; S, shunt; R, résistance pour le milliampèremètre servant de voltmètre; P, batterie de piles; *Acc*, accumulateurs.

1. *Machine électrostatique.* — La tension aux bornes du tube cathodique était fournie par une *machine de Wimshurst* à 8 plateaux. Entraînée par un moteur à une vitesse de 1100 à 1500 tours, cette machine nous a donné une tension et un débit suffisants pour produire sans utilisation de lumière ultraviolette l'émission de rayons cathodiques d'une vitesse voisine de la moitié de celle de la lumière. Il est presque inutile de rappeler que les machines électrostatiques jouissent d'un avantage énorme sur les transformateurs, quelquefois employés ; elles donnent en effet une tension beaucoup plus constante que ces derniers, même munis de commutateurs tournants et de soupapes; l'émission cathodique est donc beaucoup plus régulière et surtout plus homogène.

On sait d'autre part la difficulté que l'on éprouve à obtenir un bon fonctionnement des tubes cathodiques dès qu'il s'agit de produire des rayons de grande vitesse. Nous y sommes parvenus en réglant le degré de vide dans le tube, en même temps que la tension et le débit à la cathode.

Nous utilisions la machine électrostatique de la façon suivante : une fois le degré de vide obtenu dans le tube, nous interrompions le fonctionnement de la pompe ; puis le débit et la tension étaient réglés au moyen d'un système de balais B dont on pouvait faire varier le nombre et l'écartement. Ces balais fonctionnent en effet à la façon d'un circuit dérivé et permettent d'obtenir par leur réglage tel débit ou telle tension que l'on désire au tube cathodique.

Pour chaque vitesse cathodique, nous sommes arrivés, par des tâtonnements souvent très longs, à régler le degré de vide dans le tube, la vitesse de rotation de la machine, et enfin l'écartement et le nombre des balais qui donnaient à l'émission son maximum de stabilité. Dans ces conditions, la tache que produisaient sur le fond du tube les rayons cathodiques déviés était très approximativement circulaire (comme le diaphragme). Cette tache conservait dans toutes nos mesures, aux grandes comme aux petites vitesses, une forme toujours la même. On avait ainsi la preuve de la grande homogénéité des faisceaux utilisés (voir planche 6, fig. 2).

2. *Tube cathodique.* — Nous avons, après un certain nombre d'essais, adopté pour notre tube définitif la forme donnée par la figure ci-dessous (fig. 2).

Ce tube a une longueur totale de 80 cm. environ. Son diamètre, qui est de 3 cm. au voisinage de la cathode, augmente près de l'anode ; et c'est dans un cylindre de 8 cm. de diamètre environ que passe le faisceau dévié.

Pour faciliter le montage et le réglage des pièces placées à son intérieur, le tube était composé de deux parties réunies par un rodage ; un disque en verre également rodé le fermait à son extrémité. Les joints de ces trois pièces ont été rendus parfaitement étanches au moyen d'une cire blanche, sorte de cire à cacheter très fine et très adhérente.

La cathode *c* était en aluminium. D'autres métaux, essayés au cours de nos recherches préliminaires, et notamment le cuivre et le laiton, nous donnèrent rapidement, par suite de leur désintégration, des dépôts métalliques sur la paroi interne des tubes qui devenait ainsi conductrice.

L'anode était constituée par un cylindre de laiton B relié à la terre. Un diaphragme *d* percé à son centre d'une ouverture circulaire de 0,2^{mm} de diamètre et fixé à l'intérieur du cylindre anode limitait l'émission cathodique à un très mince faisceau. A ce tube anode était directement fixé un second cylindre de laiton D, de plus grand diamètre, et destiné à supporter les pièces du condensateur produisant la déviation électrique.

Nous avons en outre recouvert de papier d'étain, également relié à la terre, la partie du tube comprise entre l'anode et le fond; cette partie est recouverte de hachures dans le schéma général (fig. 1).

Ainsi les rayons cathodiques pénétraient, à une distance de 10^{cm} environ de la cathode, dans un cylindre de Faraday constitué par les cylindres B et D et par le papier d'étain; dans ces conditions, le faisceau cathodique était soustrait sur la presque totalité de son parcours à l'action des champs électrostatiques extérieurs.

On avait fixé sur la plaque de verre fermant le tube un écran E au tungstate de calcium, cette substance jouissant de la propriété de donner, sous l'influence du faisceau cathodique, une fluorescence bleue très actinique au point de vue photographique. Sur cette substance étaient tracés deux repères permettant, comme on le verra plus loin, de déterminer l'échelle des clichés photographiques obtenus dans les mesures.

Enfin, le vide à l'intérieur du tube s'obtenait par une pompe Gaede combinée avec une pompe à enveloppe, dispositif du reste très courant actuellement dans les laboratoires. Nous avons remarqué très nettement, quoique d'une façon qualitative seulement, au cours de nos recherches préliminaires, la relation existant entre la distance cathode-anode et le degré de vide nécessaire à l'émission d'un faisceau cathodique de vitesse déterminée [1].

Ce sont en partie ces constatations qui nous ont amenés à adopter plusieurs des dimensions de notre tube. Nous avons ainsi,

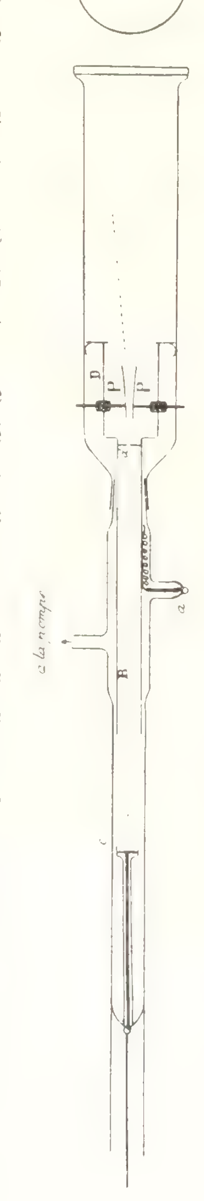


Fig. 2.

[1] Voir à ce sujet les recherches de M. Hirsch, *Phys. Zeit.*, 1907.

sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'air liquide ou de charbon, et sans l'intervention d'éclairage ultraviolet[1], obtenu des rayons de très grande vitesse.

3. *Champ électrique.* — Le condensateur produisant le champ électrique était composé de deux plateaux PP de laiton de forme spéciale (fig. 2). Les dimensions étaient approximativement les suivantes : $2,4^{cm} \times 5^{cm}$. La surface de ces plateaux n'était pas plane, mais cintrée. Cette forme spéciale paraît présenter plusieurs avantages. Elle rend la méthode des trajectoires identiques plus rigoureuse qu'avec un condensateur plan, puisque la forme des surfaces équipotentielles se rapproche ainsi de celle de la trajectoire parcourue par les faisceaux cathodiques. La force agissante étant alors, en chaque point, plus exactement normale à la direction de marche de l'électron, celui-ci conserve, pendant son passage dans le champ électrique, une vitesse plus rigoureusement constante. Enfin, cette courbure a surtout un avantage pratique : en éliminant l'incertitude provenant du passage du faisceau cathodique très près des bords des plateaux, elle permet d'opérer avec sécurité sur de plus grandes déviations. Dans nos expériences, la distance des deux plateaux était de $4,5^{mm}$ à l'entrée du faisceau et de 9^{mm} environ à l'autre extrémité.

Ces plateaux étaient supportés par deux tiges métalliques fixées elles-mêmes au moyen d'anneaux d'ébonite au cylindre D (fig. 2). Ces tiges étaient mises en relation avec l'extérieur par deux fils conducteurs traversant le verre. Le cylindre D pouvait être retiré du tube sans trop de difficultés ; nous sommes arrivés ainsi à faire un réglage très exact de nos plateaux avant leur mise en place, ce qui est absolument impossible quand ces derniers sont fixés directement et définitivement au tube.

La différence de potentiel au condensateur était fournie par une batterie de piles sèches pour lampes électriques de poche. Nous disposions d'un ensemble de 250 piles, de trois éléments chacune, donc d'une tension pouvant s'élever jusqu'à environ 1000 volts. Le milieu de la batterie était à la terre ; nous étions sûrs ainsi de charger les plateaux symétriquement aux potentiels $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$. Une telle batterie donne une tension très constante, surtout si l'on a soin de remplacer au fur et à mesure les éléments défectueux.

On verra sur le schéma général la disposition des interrupteurs et des commutateurs permettant d'obtenir la déviation électrique au-dessus et au-dessous de la position du faisceau non dévié.

4. *Champ magnétique.* — Le champ magnétique était fourni par une paire de bobines placées de façon à produire une déviation verticale du faisceau catho-

[1] Remarquons que soit M. Proctor, soit M. Hupka n'ont obtenu leurs grandes vitesses qu'en éclairant la cathode avec un faisceau de lumière ultraviolette.

dique, et parcourues par un courant provenant d'une batterie d'accumulateurs de grande capacité.

Nous avons adopté des bobines d'un petit diamètre, 8^{cm} environ, car elles ont l'avantage de donner un champ magnétique très faible dans la région voisine de la cathode, région dans laquelle les électrons prennent leur vitesse. Une étude expérimentale nous a en effet montré que l'action de ce champ, au voisinage de la cathode, était tout à fait négligeable, étant données les grandes dimensions de notre tube et les faibles dimensions des bobines.

5. *Compensation du champ magnétique terrestre.* — Le champ magnétique terrestre agit évidemment sur le faisceau cathodique et produit, aux petites vitesses surtout, une déviation très appréciable. Le seul moyen d'éliminer son action est de le compenser par un champ contraire aussi homogène que possible. L'importance de cette compensation, ainsi que le mode utilisé ont été exposés antérieurement. Comme nous avons utilisé à cet effet le dispositif même dont se sont servis MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky, nous nous dispensons d'y revenir en détail. Rappelons seulement qu'il se composait de deux systèmes de cadres perpendiculaires, de très grandes dimensions, dont l'un compensait la composante horizontale, l'autre la composante verticale du champ terrestre (voir p. 305).

Il importe de remarquer que, l'axe du tube ayant été orienté dans le plan du méridien magnétique, la déviation du faisceau cathodique par le champ terrestre était *horizontale*. Une petite erreur de compensation déplaçait donc légèrement la trajectoire dans le sens horizontal; et comme nos mesures s'effectuaient sur des déviations *verticales,* l'influence de cette erreur était pratiquement nulle. Malgré cela, l'intensité du courant passant dans les bobines compensatrices a été contrôlée fréquemment au cours des mesures et maintenue constante, ceci afin d'assurer une parfaite symétrie au dispositif.

6. *Mesure de V et de I.* — Nous venons de décrire le dispositif permettant d'obtenir des champs électrique et magnétique convenables. Voyons maintenant l'instrument dont nous nous sommes servis pour la mesure de la tension V et du courant I produisant ces champs.

Nous avons repris le milliampèremètre de Siemens et Halske déjà utilisé par MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky. Cet instrument pouvait fonctionner soit comme voltmètre pour la mesure de V par l'adjonction d'une grande résistance, soit comme ampèremètre pour celle de I au moyen d'un shunt convenable. Le schéma général (fig. 1) montre la disposition des connexions, des interrupteurs et des commutateurs

permettant de mettre ce milliampèremètre en communication soit avec la batterie de piles, soit avec les accumulateurs.

Il fallait, pour éviter toute erreur systématique, vérifier avec un soin tout particulier la graduation de l'instrument. Ce contrôle, nous l'avons fait à diverses reprises au cours de nos expériences. L'homogénéité de l'échelle a toujours été trouvée exacte, aux erreurs d'expérience près bien entendu. Voici du reste à titre d'exemple deux séries de mesures effectuées dans ce but, la première au début de nos expériences, la deuxième à la fin.

1re série.				*2me série.*	
$\delta_{\text{observée}}$	$\delta_{\text{calculée}}$	$\delta_{\text{observée}}$	$\delta_{\text{calculée}}$	$\delta_{\text{observée}}$	$\delta_{\text{calculée}}$
140,95	140,9	54.75	54,66	100,70	100,74
121,75	121,7	51,85	51,79	69,65	69,62
109,60	109,56	49,18	49,19	67,45	67,42
98,65	98,65	39,40	39,36	38,75	38,74
89,75	89,65	35,13	35,15	32,00	31,95
61,60	61,60	34,03	33,93	29,15	29,18

La graduation de ce milliampèremètre permet, grâce à sa netteté, de faire des lectures au dixième de division. Et comme sur l'instrument nos mesures les plus faibles étaient encore supérieures à 30 divisions, on pouvait donc dans la grande majorité des cas mesurer I et V à moins de $^1/_4$ $^0/_0$.

Insistons aussi sur le fait que dans le cas de nos mesures les *valeurs relatives* de V et de I interviennent seules dans les calculs; on pourrait même donc se dispenser de vérifier les indications absolues du milliampèremètre.

Enfin, les grandes résistances branchées en série sur le voltmètre ont été à diverses époques soigneusement contrôlées avec une boîte Carpentier de haute précision.

Ainsi l'idée d'une erreur systématique appréciable provenant de l'instrument de mesure doit, nous semble-t-il, être complètement écartée.

7. *Dispositif photographique.* — L'appareil photographique employé était muni d'un objectif à grande ouverture et à court foyer. Sa forme générale ainsi que sa position par rapport au tube sont données par la figure schématique ci-après (fig. 3).

La plaque photographique était portée par un châssis ; celui-ci, engagé dans une glissière, pouvait subir au moyen d'une vis v un déplacement latéral. Un ressort R, dont l'extrémité s'engageait dans une série de crans, permettait de faire progresser ce châssis d'une quantité toujours la même. Ainsi chaque cliché était capable d'enregistrer tout un ensemble de déterminations, puisque une seule de ces déterminations, composée de deux déviations électriques et de deux déviations magnétiques, toutes quatre verticales, n'utilisait qu'une bande très étroite de la plaque photographique. En outre un écran E, dans lequel était découpée une fente f correspondant à la région où venait se former l'image des traces fluorescentes, protégeait le reste du cliché contre les rayons de lumière diffuse qui auraient pu pénétrer dans l'appareil.

Cet appareil photographique était lui-même fixé à un socle suffisamment lourd et massif pour éviter tout déplacement, une fois la mise au point terminée.

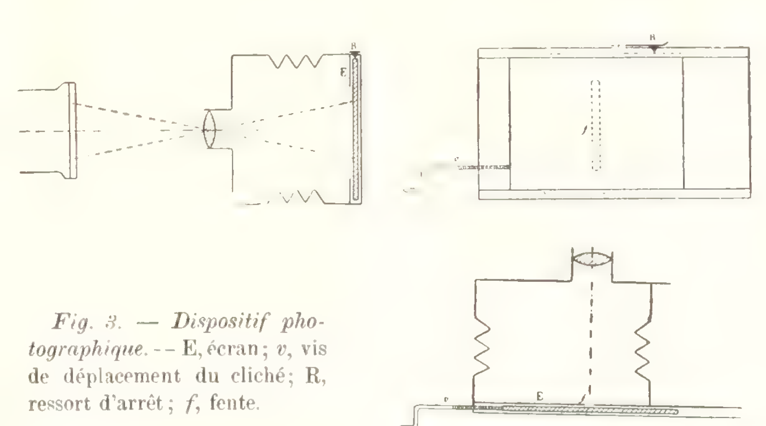


Fig. 3. — Dispositif photographique. — E, écran ; v, vis de déplacement du cliché ; R, ressort d'arrêt ; f, fente.

Les dimensions et la disposition des appareils étaient telles que l'image sur le cliché photographique avait très approximativement les dimensions de l'objet. C'est ainsi que les deux points de repère tracés sur le fond du tube à une distance de 69,2^{mm} étaient distants sur nos clichés photographiques de 69,3^{mm} pour une partie de nos mesures et de 68,4^{mm} pour l'autre partie.

Ces points de repère, indiqués sur la fig. 2 et visibles sur les reproductions de clichés (pl. 6), étaient constitués par deux croix tracées en noir sur la plaque fermant le tube avant l'application de la poudre blanche de tungstate de calcium. On les photographiait au commencement et à la fin de chaque série de mesures effectuées sur une même plaque. A cet effet, un éclairement rapide de l'écran au moyen d'une lampe électrique ordinaire produisait sur le cliché une bande noire et deux petites croix très nettes, quoique peu intenses. La distance de ces repères nous donnait l'échelle du cliché. On obtenait ainsi facilement le rapport de la grandeur de l'image à l'objet ; et il était possible de faire subir aux mesures la correction nécessitée par un changement de cette échelle, changement qui aurait pu provenir soit d'une nouvelle mise au point éventuelle, soit d'un déplacement accidentel d'une partie du

dispositif photographique, soit enfin d'une modification très peu probable de la couche de gélatine du cliché au cours du développement[1].

La fluorescence produite sur le tungstate par un faisceau de petite vitesse étant très intense, on obtient facilement dans ce cas une rapidité d'opération suffisante avec des plaques ordinaires. Dans ces conditions, les plaques *Wellington, Bleues Lumière*, nous ont donné d'excellents résultats. Mais aux grandes vitesses, il est de toute importance, pour réduire le temps de pose au minimum, de prendre des plaques photographiques d'extrême sensibilité. Nous avons alors utilisé exclusivement les marques *Capella*, plaques italiennes, et *Violettes Lumière*.

A la rapidité d'impression photographique devait correspondre un maniement rapide du dispositif. A cet effet, les commutateurs et interrupteurs étaient placés de façon telle qu'ils pouvaient être manœuvrés très commodément, même dans l'obscurité, de telle sorte qu'une détermination, composée d'une double déviation magnétique et d'une double déviation électrique, se faisait, avec un peu d'habitude, en moins de cinq secondes; exceptionnellement la pose a été plus longue pour les très grandes vitesses, environ dix secondes. Dans ces conditions, la variation de dureté du tube n'avait plus que fort peu d'importance.

Pour rendre les clichés plus compréhensibles, nous devons encore faire diverses remarques. Les déviations magnétique et électrique étant toutes deux verticales, on ne peut les distinguer nettement qu'à la condition de les faire d'inégale grandeur. Toujours la plus grande déviation est la déviation magnétique[1], et la plus petite la déviation électrique. Enfin, on verra sur nos clichés une petite flèche voisine de l'un des deux points de repère: elle indique l'ordre dans lequel ont été faites les diverses déterminations.

Donc en résumé, avec notre système photographique, nous obtenions sur chaque cliché tout un ensemble de déterminations (en général de 10 à 18). Chacune de ces déterminations comprenait 5 points disposés verticalement: le point central correspondait au faisceau non dévié, les deux points extrêmes à la double déviation magnétique et les deux points intermédiaires à la double déviation électrique.

Cet ensemble de déterminations était effectué sans apporter de modification au fonctionnement de la machine statique et sans faire agir la pompe de Gæde; la

[1] Au cours de nos mesures, un déplacement accidentel a été nettement constaté par ces variations d'échelle: celui du tube lui-même par rapport au reste du dispositif. Nous avons alors dû abandonner la première série de déterminations et en reprendre une nouvelle.

[1] La déviation magnétique a été choisie la plus grande parce que, d'une part, la méthode des trajectoires identiques est alors tout à fait rigoureuse, ce qui ne serait peut-être plus le cas pour de très grandes déviations électriques (influence des bords du condensateur), et parce que, d'autre part, cette déviation magnétique entre au carré dans nos formules fondamentales; elle doit donc être connue plus exactement.

vitesse du faisceau restait donc sensiblement constante. Une lecture de l'intensité aux bobines et de la tension aux plateaux faite au milliampèremètre au commencement et à la fin de la série, ainsi que la photographie des points de repère fournissaient avec la mesure des déviations les divers éléments nécessaires aux calculs.

8. *Mesures des déviations sur les clichés photographiques.* — Le faisceau dévié produisait sur le fond du tube, donc sur le cliché photographique qui est son image, de petites taches très approximativement circulaires (voir planche 6). Il fallait donc mesurer sur les clichés (négatifs) les distances de ces taches correspondant à la double déviation électrique et à la double déviation magnétique.

Nous avons essayé, au cours de nos recherches préliminaires, plusieurs procédés de mesure. Et, quoique les centres des taches ne fussent pas nettement définis, des mesures faites au moyen de méthodes différentes donnèrent exactement les mêmes résultats. Du reste, l'œil est particulièrement sensible à un défaut de symétrie; et, soit que nous centrions sur la tache un petit rond tracé sur une lame transparente, soit que nous cherchions la position du centre de la tache par rapport aux traits d'une règle graduée au $^1/_{10}$ de millimètre et appliquée sur le cliché, soit même que nous centrions la tache au moyen d'une carte perforée d'un orifice circulaire, les mesures donnaient des chiffres extrêmement concordants. Voici, à titre d'exemple, deux séries de mesures préliminaires effectuées sur une même distance par les deux premiers procédés, que nous avons plus particulièrement étudiés :

	Centrage d'un rond.		*Règle au $^1/_{10}$ de mm.*
	22,10		22,15
	22,05		22,10
	22,15		22,10
	22,15		22,20
Moyenne	22,11	Moyenne	22,14

Nous nous sommes arrêtés en définitive, pour nos mesures, au procédé de la règle graduée au $^1/_{10}$ de mm., de beaucoup le plus pratique.

En admettant une approximation égale à $^1/_{10}$ de mm. pour chaque lecture, ce qui n'est nullement exagéré, nous pouvions compter sur une précision voisine du $^1/_{300}$ sur la lecture d'une détermination isolée. Et comme nos calculs étaient faits avec des valeurs correspondant dans la majorité des cas à des moyennes obtenues sur un ensemble de plus de 10 déterminations, les erreurs d'expérience devaient s'éliminer en grande partie.

Cette méthode de mesure est encore très longue; et nous avons reconnu dans la suite que l'on atteignait une précision tout aussi grande en procédant d'une autre façon. On tendait le long du cliché deux cheveux fins placés de telle façon que leur distance représentât aussi bien que possible l'ensemble des déterminations enregistrées sur cette plaque photographique. Au moyen de la même règle au $^1/_{10}$ de mm., on faisait deux lectures de cette distance; l'une en regard de la première détermination, l'autre en regard de la dernière. Cette façon de déterminer la distance moyenne était très rapide et ne diminuait pas la précision d'une façon appréciable. Toute la seconde partie de nos résultats a été calculée au moyen de chiffres obtenus par ce procédé-là.

Il importe de remarquer, enfin, que nous avons éliminé de nos résultats, *avant leur mesure,* les clichés n'offrant pas une régularité suffisante. Le fonctionnement du tube peut, en effet, subir accidentellement un brusque changement au cours d'une expérience; aussi les quelques plaques sur lesquelles ne se trouvaient pas au moins trois déterminations successives, correspondant à une vitesse très approximativement la même, étaient écartées d'emblée. Cette élimination nous permettait de ne conserver que les clichés présentant le maximum de sécurité, ceux pour lesquels la dureté du tube s'était maintenue constante.

Mesures préliminaires.

Variation des Constantes A et B. — Nous avons dit dans la partie théorique que les intégrales de champ A et B peuvent être considérées comme pratiquement constantes, même pour des déviations qui ne restent pas rigoureusement identiques. Nous allons donner maintenant quelques détails sur l'étude expérimentale entreprise pour rechercher l'ordre de grandeur de la variation de ces quantités A et B en fonction des déviations x et y.

Ces recherches ont été effectuées sur des faisceaux cathodiques de vitesse relativement faible, le tube fonctionnant dans ces conditions avec le maximum de régularité; car il est nécessaire de maintenir une vitesse aussi constante que possible pendant un ensemble d'observations. Au reste, les faibles erreurs provenant des petites variations accidentelles de vitesse, variations qu'il n'est jamais possible d'éviter complètement, n'ont plus d'influence sur les moyennes par le fait du grand nombre de mesures effectuées.

Voyons successivement comment nous avons mis en évidence la variation des constantes A et B.

a) *Constante A.* — Soit une série de déviations électriques x_0, x_1, . . . , x_n

effectuées sur un faisceau cathodique de vitesse constante v, et obtenues en portant respectivement les plateaux du condensateur aux tensions V_0, V_1, ..., V_n. Ces déviations nous donnent les équations:

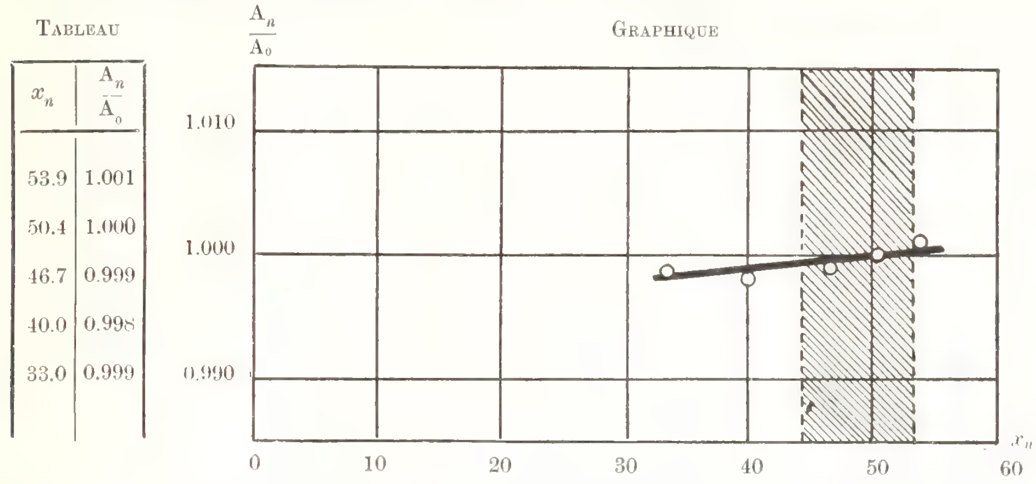
$$
\text{(XIII)} \quad \left\{
\begin{array}{l}
x_0 = A_0 \dfrac{\varepsilon}{\mu} \dfrac{V_0}{v^2}, \\
x_1 = A_1 \dfrac{\varepsilon}{\mu} \dfrac{V_1}{v^2}, \\
\dots\dots\dots\dots \\
x_n = A_n \dfrac{\varepsilon}{\mu} \dfrac{V_n}{v^2}.
\end{array}
\right.
$$

On en tire les relations suivantes:

$$
\text{(XIV)} \quad \left\{
\begin{array}{l}
\dfrac{A_1}{A_0} = \dfrac{x_1}{x_0} \dfrac{V_0}{V_1}, \\
\dots\dots\dots\dots \\
\dfrac{A_n}{A_0} = \dfrac{x_n}{x_0} \dfrac{V_0}{V_n},
\end{array}
\right.
$$

relations qui nous montrent que lorsqu'on connaitra les valeurs des tensions V_0, V_1, ..., V_n correspondant à des déviations x_0, x_1, ..., x_n, on pourra aisément calculer le rapport $\dfrac{A_n}{A_0}$ pour les diverses valeurs des déviations.

Le tableau et le graphique ci-après (fig. 4) donnent en résumé les résultats des mesures destinées à mettre en évidence cette variation.



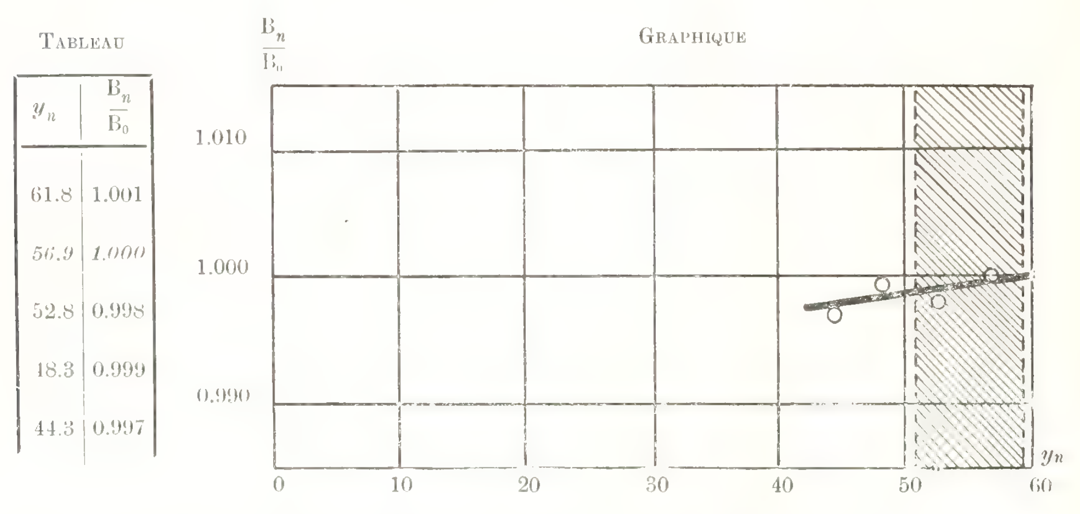
Tableau

x_n	$\dfrac{A_n}{A_0}$
53.9	1.001
50.4	1.000
46.7	0.999
40.0	0.998
33.0	0.999

Fig. 4. — Tableau et graphique représentant la variation du rapport $\dfrac{A_n}{A_0}$ en fonction de la déviation électrique x_n

Sur ce graphique, nous avons porté en abscisses les valeurs en m/m. des déviations x_n et en ordonnées les valeurs de $\frac{A_n}{A_0}$. La *déviation moyenne* x_0, à laquelle nous avons rapporté toutes les autres, est très voisine de 50 mm. C'est autour de cette déviation que généralement nous opérions. Un nombre assez grand de déviations s'écarte d'une façon très sensible de cette valeur; cela tient principalement à deux causes: d'abord à notre souci d'opérer rapidement, et secondement au mode de réglage [1] du potentiel V de la batterie de piles. Quoi qu'il en soit, le graphique établi intentionnellement à très grande échelle nous montre que dans la région des déviations utilisées, région couverte de hachures, la quantité A peut être considérée comme pratiquement constante [2].

b) *Constante B.* — Procédant d'une manière absolument analogue dans le cas de la constante B, nous obtenons des relations semblables qui nous donnent la variation de $\frac{B_n}{B_0}$ en fonction de la déviation magnétique y_n. Les résultats de cette étude sont de même résumés par le tableau et le graphique (fig. 5).


TABLEAU

y_n	$\frac{B_n}{B_0}$
61.8	1.001
56.9	*1.000*
52.8	0.998
18.3	0.999
44.3	0.997

Fig. 5. — Tableau et graphique représentant la variation du rapport $\frac{B_n}{B_0}$ en fonction de la déviation magnétique y_n.

[1] Ce réglage se faisait de 25 en 25 volts approximativement.

[2] Exceptionnellement un cliché isolé a été conservé tout en ayant une déviation électrique qui se trouvait en dehors de ces limites; sa mesure nous a donné $x = 34{,}05$ m/m.; nous n'avons pas effectué la correction qui, du reste, comme on le remarque par le graphique, est encore très faible et négligeable devant d'autres erreurs plus importantes.

La *déviation moyenne* y_0 est dans ce cas voisine de 57 mm. On voit bien que dans la région couverte de hachures s'étendant de part et d'autre de cette déviation moyenne et représentant la région utilisée la variation de B est pratiquement nulle [1].

Donc, en résumé, nous pouvons *considérer les quantités A et B comme pratiquement constantes pour l'ensemble des déviations que nous avons utilisées. Ce résultat nous autorise à étendre sans modification, à des déviations presque constantes, le principe de la méthode des trajectoires identiques,* et à prendre pour formules fondamentales les relations (XI) et (XII) dans lesquelles ne figurent pas les intégrales de champ.

2. *Détermination de la vitesse absolue des rayons de comparaison.* — Rappelons que la vitesse d'un faisceau cathodique est donnée par la formule

(VIII) $$v = \sqrt{\frac{A}{x}\frac{\varepsilon}{\mu_0}\frac{\mu_0}{\mu}V} .$$

Sa détermination revient donc à la connaissance des valeurs de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$, de $\frac{\mu}{\mu_0}$ et de A.

Quant aux quantités x et V, leur mesure n'offre aucune difficulté.

a) Valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$. — De nombreux travaux ont été entrepris depuis quelques années pour déterminer avec exactitude la valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$; on peut actuellement sans craindre une erreur notable admettre pour cette valeur $1{,}77 \times 10^7$. C'est ce chiffre que nous avons introduit dans nos calculs.

b) Valeur de $\frac{\mu}{\mu_0}$. — Cette valeur, du reste fort peu différente pour les faibles vitesses suivant l'hypothèse considérée, se calcule par les formules théoriques rappelées précédemment.

c) Mesure de A. — La valeur de A est liée comme on sait, au potentiel de décharge U par la relation

(VII) $$A = 2\frac{U}{V}\frac{\mu}{(\mu)}x .$$

[1] A titre exceptionnel deux clichés ont enregistré des déviations tombant en dehors des limites données par la région couverte de hachures : $y = 60{,}80$ m/m. et $y = 44{,}18$ m/m. Encore ici, il n'y avait pas lieu d'effectuer une correction.

Sa mesure est très délicate, car elle nécessite la détermination de potentiels assez élevés, quoique très inférieurs à ceux mesurés dans la méthode de M. Hupka. Ces potentiels U étaient très voisins de 14.000 volts. Ils auraient donc pu être encore mesurés avec précision au moyen de l'électromètre absolu de Bichat-Blondlot. Malheureusement, cet appareil ne se prête guère à des lectures rapides, telles qu'elles doivent être effectuées aux bornes d'un tube cathodique. Nous avons donc préféré nous servir pour ces déterminations de l'électromètre sous pression de MM. C.-E. Guye et A. Tcherniawsky[1] qui ne fournit, il est vrai, que des valeurs relatives, mais qui est à lecture beaucoup plus rapide, et qui peut ensuite être étalonné facilement avec un électromètre absolu. Cet électromètre sous pression fonctionnait très normalement même pour des potentiels bien supérieurs à ceux que nous avions à mesurer. On choisissait du reste, pour effectuer les mesures, le moment où la régularité de l'émission cathodique était la plus grande possible. Les tableaux, donnés plus loin, montrent quel était le degré de régularité de fonctionnement du tube dans ces expériences.

L'étalonnage de l'électromètre sous pression a été ensuite effectué avec beaucoup de soin au moyen d'un électromètre absolu Bichat-Blondlot et *pour la région même de l'échelle que nous avions utilisée dans nos mesures sur les rayons cathodiques.*

Au voisinage de 14.000 volts, l'électromètre sous pression nous permettait d'arriver à une précision minimum de lecture de $^1/_{150}$. D'autre part, les lectures au Bichat-Blondlot pouvaient être faites à environ $^1/_{200}$. On se rend compte ainsi de la précision que nous pouvions atteindre sur la moyenne des mesures, précision qu'il nous aurait été très difficile, sinon impossible, d'obtenir s'il s'était agi de mesurer des potentiels beaucoup plus élevés.

La détermination de A nécessite encore la connaissance du rapport $\frac{\mu}{(\mu)}$ de la masse transversale à la masse cinétique, ces deux masses étant des fonctions de la vitesse calculables par les formules théoriques.

Il suffit donc de calculer pour chacune des hypothèses et par la relation

$$(V') \qquad = \sqrt{2\,U\,\frac{\varepsilon}{(\mu)}}\,,$$

que l'on peut aussi écrire

$$(V'') \qquad v = \sqrt{2\,U\,\frac{\varepsilon}{\mu_0}\cdot\frac{\mu_0}{(\mu)}}\,.$$

[1] C.-E. Guye et A. Tcherniawsky, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, *35*, 1913, p. 565.

la vitesse v des faisceaux utilisés pour cette détermination pour obtenir ensuite par les formules théoriques la valeur de $\frac{\mu}{(\mu)}$. Le calcul exact de v pouvait aisément se faire par approximations successives de la façon suivante. En faisant $\frac{\mu_0}{(\mu)} = 1$ dans (V′′) on obtenait une première valeur de v qui nous permettait de calculer celle du rapport $\frac{\mu_0}{(\mu)}$ correspondant. Introduisant cette dernière dans la même équation (V′′), on calculait une nouvelle valeur plus approchée de v, puis de nouveau de $\frac{\mu_0}{(\mu)}$. On pouvait ainsi déterminer cette vitesse v, donc aussi le rapport $\frac{\mu}{(\mu)}$ pour chacune des deux hypothèses avec toute la précision que l'on désirait. D'ailleurs, pratiquement, la troisième approximation se confondait toujours avec la deuxième.

Ainsi, la valeur de A pouvait être exactement calculée par la formule (VII).

Les expériences qui ont servi à la déterminer ont été effectuées au début et à la fin de nos séries de mesures; les tableaux ci-dessous résument ces expériences et donnent la valeur de A calculée dans l'hypothèse de Lorentz-Einstein.

Les tableaux ci-dessous (un pour chaque série de mesures) résument les valeurs de A calculées en partant de l'hypothèse de Lorentz. On y trouve en outre toutes les valeurs expérimentales relevées à cet effet :

1re série de mesures.

x	U	V	R	A	δ
49.55	13660	45.00	43040	6899	+ 0.13
49.55	13430		»	6839	— 0.73
49.40	13600	»	»	6849	— 0.59
49.75	13660	»	»	6939	+ 0.70
49.49	13670	»	»	6897	+ 0.10
49.56	13680	»	»	6906	+ 0.23
49.48	13650	»	»	6885	— 0.07
49.58	13650	»	»	6901	+ 0.15

Moyenne : **6890**

x = déviation en mm; U = potentiel de décharge en volts; V = division du milliampèremètre fonctionnant comme voltmètre; R = résistance en ohms en série sur le milliampèremètre; A = constante cherchée; A′ = constante corrigée de la différence d'échelle des clichés; δ = différence en °/₀ avec la valeur moyenne.

2me série de mesures.

x	U	V	R	A	A'	δ
47.91	13880	44.50	43040	6849	6937	+ 0.53
48.55	13600	44.50	»	6802	6889	— 0.16
47.65	13830	44.60	»	6757	6843	— 0.82
47.05	14070	44.60	»	6814	6901	+ 0.00
47.95	13880	44.70	»	6832	6920	+ 0.28
47.35	14010	44.60	»	6825	6912	+ 0.18
			Moyenne :	**6813**	**6900**	

Comme nous l'avons dit, nos deux séries se différencient par un changement d'échelle. Les deux tableaux ci-dessus n'étant pas immédiatement comparables, on a fait subir aux valeurs de A obtenues pour la seconde série la correction nécessaire.

Il est bien évident que les calculs de la vitesse de comparaison doivent être conduits en partant de la valeur de A *non corrigée*. Le calcul de correction que nous venons de faire ayant été effectué seulement pour vérifier la concordance des déterminations effectuées à des époques fort différentes.

L'examen de ces deux séries montre nettement que les différences entre les diverses valeurs de A ne dépassent jamais l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience ; et que des mesures effectuées à un long intervalle de temps ne donnent aucune différence sensible ; la différence entre les moyennes de ces deux séries est en effet très voisine de $^1/_{700}$, précision plus grande que celle à laquelle nous avions droit d'espérer.

Dans l'hypothèse d'Abraham, la valeur de A est à peine différente, puisque, comme il est facile de le voir, la divergence ne porte que sur le rapport $\frac{\mu}{(\mu)}$, et cela pour des rayons relativement lents (voir formule VII).

Nous avons par des calculs identiques à ceux donnés plus haut obtenu les valeurs suivantes qui se rapportent ainsi à la théorie d'Abraham :

1re série (au début)	*2me série (à la fin)*
6909	6859
6849	6812
6860	6758
6949	6825
6906	6841
6916	6824
6896	
6910	
Moyenne : **6900**	Moyenne : **6823**

résultats presque identiques à 6890 et 6813 obtenus par l'hypothèse de Lorentz.

On voit donc combien le choix de l'hypothèse a peu d'influence sur la constante A lorsqu'on la détermine par les rayons lents de comparaison.

d) Mesure de la vitesse de comparaison. — Après avoir ainsi obtenu très exactement la valeur de A, nous avons procédé à un second groupe d'expériences qui devaient nous donner tous les éléments nécessaires à la mesure de la vitesse de comparaison. Dans ces expériences, nous n'avions plus à mesurer le potentiel de décharge puisque la vitesse se calculait par l'équation (VIII). Il suffisait d'enregistrer les déviations électrique et magnétique et les tension et intensité produisant les champs déviants. Toute l'attention pouvait ainsi être portée sur le réglage du fonctionnement même du tube de façon à obtenir pendant toutes les mesures des rayons homogènes, de vitesse aussi constante que possible.

Le calcul a été conduit également par approximations successives.

Nous donnons ci-après, à titre de renseignement, le tableau complet des valeurs expérimentales relatives aux rayons de comparaison et cela pour la première des deux séries de mesures qui constituent l'ensemble de nos résultats :

x	y	V	I
51.98	55.24	47.05	34.90
51.44	56.48	47.05	35.55
51.39	56.45	47.05	35.60
51.48	56.45	47.00	35.65
51 30	56.38	47.00	35.65
51.19	56.08	47.00	35.35
51.03	56.03	47.00	35.40
51.08	55.85	47.00	35.35
51.15	56.03	47.00	35.60
51.34	55.70	46.85	35.40
51.36	55.80	46.90	35.45
51.20	55.91	46.90	35.50
51.33	56.09	46.95	35.50
51.15	55.70	46.95	35.60
51.20	55.70	46.95	35.60
50.81	55.60	46 95	35.60
50.95	55.62	46.95	35.55
51.20	55.58	46.95	35.50
51.44	55.74	46.95	35.45
52.59	56.48	46.95	35.55
53.08	56.88	46.95	35.60

x	y	V	I
51.28	55.60	46.95	35.40
50.89	55.63	46.95	35.45
50.96	55.50	46.95	35.45
50.65	55.42	46.95	35.45
50.95	55.65	46.95	35.40
51.05	55.70	46.95	35.35
50.56	55.70	46.95	35.35
52.75	56.80	46.70	35.50
51.50	56.15	46.70	35.50
50.88	55.43	46.70	35.45
51.53	55.98	46.70	35.25
51.50	55.89	46.70	35.25
52.53	56.39	46.70	35.30
50.24	55.36	46.70	35.40
50.41	55.38	46.70	35.35
50.58	55.55	46.70	35.45
50.43	55.57	46.70	35.30
51.26	56.14	46.70	35.50

Chaque valeur des doubles déviations x et y de ce tableau résulte en général d'une moyenne provenant de 4 mesures faites sur les clichés au moyen de la règle au $^1/_{10}$ de mm. Les valeurs de V et de I, qui sont remplacées ici par les indications de l'appareil de mesure lui-même, proviennent chacune de 2 lectures faites l'une avant l'autre après l'enregistrement des 4 déviations correspondantes[1].

Ce tableau montre nettement la régularité d'émission que l'on parvient à obtenir en expérimentant sur les rayons mous, et la constance très grande de la vitesse du faisceau pour tout l'ensemble de ces mesures.

Nous avons groupé ces valeurs expérimentales 10 par 10, après les avoir classées dans l'ordre des déviations électriques croissantes (le tableau précédent a été établi suivant l'ordre chronologique). Ce classement nous donnait à très peu près l'ordre des vitesses au contraire décroissantes. En effectuant les moyennes sur chaque groupe de 10 valeurs, nous avons ainsi obtenu 4 valeurs moyennes de x, y, V et I. C'est à partir de ces moyennes que l'on a calculé les 4 vitesses de comparaison (β) en admettant exacte la théorie de Lorentz-Einstein. Ces résultats sont donnés dans le tableau suivant :

[1] Les chiffres qui figurent dans les colonnes V et I représentent les indications du milliampèremètre fonctionnant alternativement comme voltmètre et comme ampèremètre pour la mesure de la tension du condensateur et pour la mesure du courant produisant le champ magnétique. La symétrie complète des formules fondamentales (XV) et (XVI) rend inutile toute réduction de ces indications en valeur absolue.

x	y	V	I	β
50.64	55.52	46.83	35.44	0.2291
51.10	55.82	46.97	35.44	0.2283
51.32	56.00	46.94	35.50	0.2277
52.10	56.25	46.83	35.39	0.2257
Moy. 51.29	55.90	46.90	35.44	0.2277

Enfin la moyenne de ces 4 valeurs :[1]

$$\beta = 0{,}2277$$

constitue la vitesse de comparaison à laquelle on a rapporté toute la première série de nos résultats. Les moyennes de x, y, V et I sont les autres éléments nécessaires aux calculs de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ et de β' pour tout autre faisceau. On voit donc que ces éléments de comparaison résultent d'environ 160 doubles déviations tant électriques que magnétiques et de près de 80 lectures, soit de V soit de I.

La détermination de la valeur de comparaison nécessaire au calcul de la deuxième série des résultats a été conduite d'une façon identique. Le tableau ci-dessous résume les lectures de V et de I faites au milliampèremètre, ainsi que les mesures effectuées sur les clichés, non pas directement au moyen de la règle au $^1/_{10}$ de millimètre, mais par le procédé du cheveu tendu, ce qui était plus rapide.

x	y	V	I
50.28	56.65	45.30	36.40
48.15	55.65	45.30	36.40
45.43	54.05	45.20	36.50
51.99	55.66	45.55	35.05
51.05	55.06	45.60	35.00
50.33	56.36	45.43	36.20
49.90	56.13	45.45	36.30
49.75	56.18	45.45	36.30
49.54	56.28	45.30	36.30
48.04	55.18	45.40	36.30
46.05	54.20	45.25	34.30
47.91	53.66	44.50	34.95
48.55	53.98	44.50	34.97
47.65	53.35	44.60	34.93
47.05	53.13	44.55	34.95
47.95	53.48	44.65	34.98
47.35	53.30	44.55	34.95
Moy. 48.65	54.84	45.09	35.69

[1] Rapportée à la vitesse de la lumière prise comme unité

Les valeurs moyennes de chaque colonne de ce tableau résultent ainsi de mesures effectuées par ce moyen sur 17 clichés. C'est à partir de ces valeurs que l'on a calculé la vitesse de comparaison, relative à la seconde série

$$\beta = 0{,}2281 \ ,$$

valeur fort peu différente de celle qui a servi au calcul de la première série.

Enfin, les calculs précédents répétés en partant de la constante A déterminée dans le cas où l'on admet exacte la théorie d'Abraham, nous ont fourni les deux valeurs moyennes suivantes de la vitesse de comparaison β, légèrement différentes de celles que l'on vient de calculer[1]:

$$1^{re} \text{ série} : \quad \beta = 0{,}2284$$
$$2^{me} \quad » \quad : \quad \beta = 0{,}2288$$

En résumé, on voit que la vitesse de comparaison a été déterminée avec un soin tout particulier, et que la moyenne définitive résulte d'environ 200 doubles déviations électriques et magnétiques du faisceau cathodique.

Le grand nombre de mesures élimine presque totalement les erreurs fortuites, dont la principale résulte toujours de l'instabilité de l'émission cathodique.

Il eût été, semble-t-il, beaucoup plus pratique de mesurer le potentiel de décharge relatif aux rayons de comparaison eux-mêmes, et de se dispenser d'effectuer la mesure de la constante A, puisque la détermination d'une vitesse revient toujours en définitive à celle des éléments de l'équation :

$$\text{(V)} \qquad U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2 \ .$$

Si nous avons choisi cette méthode, c'est qu'elle nous permettait de séparer les difficultés. Dans un premier groupe de mesures, celui qui nous a donné A, nous pouvions vouer tous nos soins à la détermination de U et de V sans avoir à nous préoccuper de maintenir la vitesse v des rayons rigoureusement constante. Nous pouvions entreprendre ensuite le deuxième groupe qui nous donnait la mesure de x, y, V et I relatifs à la vitesse de comparaison, cette fois sans avoir à lire le potentiel de décharge au tube cathodique.

[1] On peut remarquer du reste qu'il n'est pas absolument nécessaire de déterminer la constante A se rapportant à l'hypothèse d'Abraham pour calculer la vitesse de comparaison correspondante. On obtiendrait aussi cette seconde vitesse en partant de l'équation :

$$v = \sqrt{\frac{2U\varepsilon}{(\mu)}}$$

On voit en effet aisément que le rapport des vitesses β (Lorentz) et β (Abraham) est simplement égal au rapport inverse des coefficients $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ de Lorentz et $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ d'Abraham.

RÉSULTATS ET CONCLUSIONS DE LA DEUXIÈME PARTIE.

Afin de mieux faire ressortir la façon dont nos résultats se rattachent aux données directes de l'expérience, nous pouvons, par une transformation très simple, mettre nos équations fondamentales sous la forme :

$$\beta' = \left[\beta \frac{Ix}{Vy}\right] \frac{V'y'}{I'x'}, \tag{XV}$$

$$\frac{\mu'}{\mu_0} = \left[\frac{\mu}{\mu_0} \frac{Vy^2}{I^2x}\right] \frac{I'^2x'}{V'y'^2}. \tag{XVI}$$

Rappelons que dans ces expressions les lettres affectées d'un indice désignent des grandeurs relatives aux rayons cathodiques étudiés, celles non affectées d'indice correspondent aux mêmes grandeurs pour les rayons cathodiques lents de comparaison ; β et β' sont les vitesses des rayons cathodiques rapportées à celle de la lumière, prise comme unité ; μ' et μ les masses transversales correspondant à ces vitesses ; μ_0 la masse transversale pour des rayons infiniment lents. Enfin V, V', I, I', sont les tensions et les courants qui produisent les déviations magnétiques et électriques du faisceau cathodique ; x, x', y, y', les déviations correspondantes enregistrées photographiquement.

Les quantités entre crochets ne concernent que les rayons de comparaison ; elles ont été déterminées une fois pour toutes pour chacune des deux séries d'expériences que comporte ce travail. Suivant que l'on adoptera pour ce calcul l'hypothèse de Lorentz-Einstein ou celle d'Abraham, ces quantités entre crochets auront naturellement des valeurs un peu différentes, puisque les rayons de comparaison ne sont pas infiniment lents.

L'ensemble de nos résultats comprend en définitive deux séries de valeurs de β' et les valeurs correspondantes $\frac{\mu'}{\mu_0}$ obtenues ainsi que nous venons de l'indiquer par les formules (XV) et (XVI). Dans chacune de ces séries les expériences sont ordonnées suivant les vitesses croissantes des rayons cathodiques étudiés, sans avoir aucun égard à l'ordre chronologique dans lequel ces expériences ont été effectuées.

Nous nous bornerons à rappeler que ces tableaux résultent des mesures effectuées sur 150 clichés, comprenant environ deux mille doubles déviations (électriques et magnétiques).

Quant aux valeurs des vitesses de comparaison qui figurent à la première ligne de chaque série, elles résultent également d'un très grand nombre de mesures faites dans des conditions expérimentales particulièrement faciles et favorables, puisqu'il s'agissait de rayons cathodiques lents, ainsi que nous l'avons exposé au cours de ce mémoire.

Pour rendre plus facile la comparaison entre les deux formules nous avons résumé les données qui précèdent dans le Tableau général ci-contre, lequel résulte de toutes nos expériences.

Pour obtenir ce dernier tableau, nous avons d'abord classé, par ordre de vitesse croissante et *sans distinction de série*, tous les résultats des deux tableaux précédents. En effectuant les moyennes des valeurs de β' et de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ groupées six par six, nous

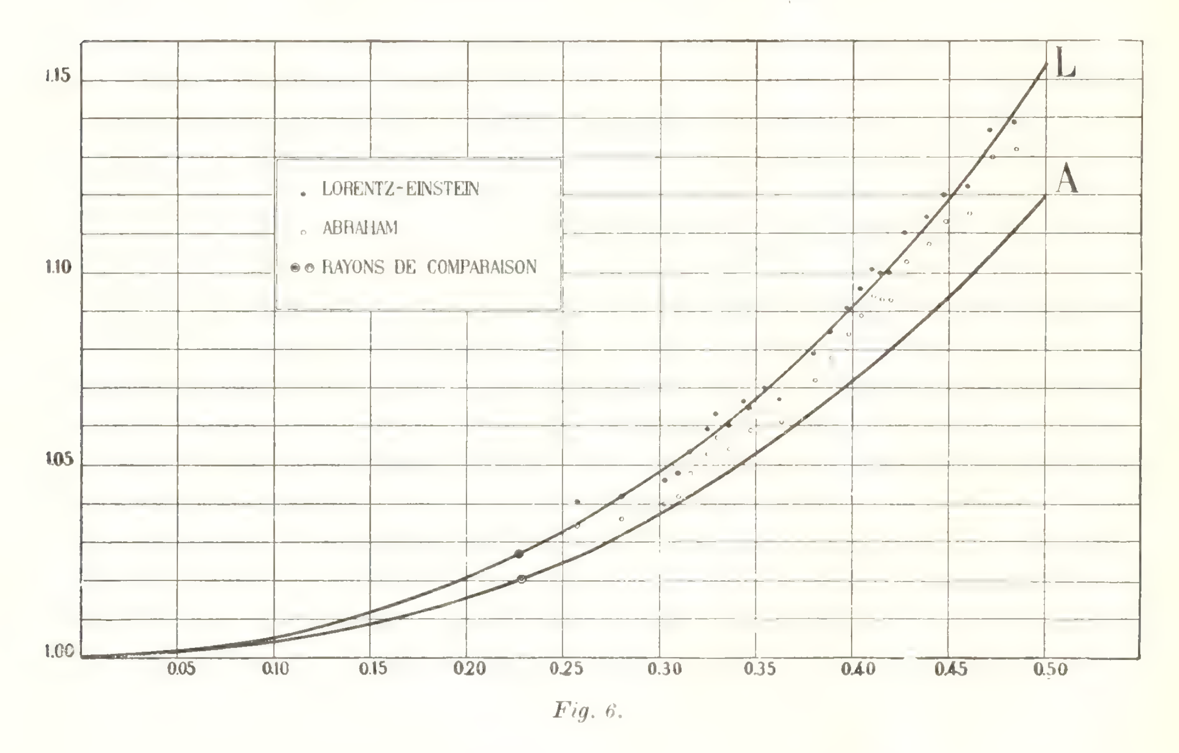


Fig. 6.

avons obtenu en définitive vingt-cinq valeurs de β' et les valeurs correspondantes de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ et cela pour les deux hypothèses.

Le tableau ci-après résume donc toutes ces valeurs moyennes. Il nous a permis d'établir le graphique de la fig. 6 où les valeurs de β' sont portées en abscisses et les valeurs de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ en ordonnées. Les courbes L et A tracées sur la figure représentent d'autre part la variation théorique de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ dans les deux hypothèses envisagées.

Tableaux Complets des Résultats.

Les tableaux qui suivent résument pour nos deux séries d'expériences, d'une part les données directes d'observation (page de gauche), d'autre part les résultats obtenus en prenant comme base pour le calcul des expériences, soit la formule de Lorentz-Einstein, soit celle d'Abraham (page de droite).

Dans ces tableaux, nous avons adopté les désignations suivantes :

Tableau de gauche. — La première colonne donne l'indication du numéro du cliché.

x double déviation électrique exprimée en mm.

y double déviation magnétique exprimée en mm.

V lecture faite au milliampèremètre fonctionnant comme voltmètre et donnant la différence de potentiel des armatures du condensateur, placé à l'intérieur du tube.

R résistance en ohms intercalée dans le circuit du voltmètre.

I lecture faite au milliampèremètre fonctionnant comme ampèremètre pour la mesure du champ magnétique déviant.

δ distance des deux repères photographiés, servant à fixer exactement l'échelle du cliché.

Tableau de droite. — β vitesse des rayons cathodiques, la vitesse de la lumière étant prise pour unité.

μ masse transversale d'un électron de vitesse β.

μ_0 masse d'un électron supposé infiniment lent.

La seconde colonne donne la valeur du rapport $\frac{\mu}{\mu_0}$ tel qu'il résulte des données expérimentales ; dans la troisième colonne figure la valeur de ce même rapport tel qu'il ressort des formules théoriques.

Δ différence entre le rapport $\frac{\mu}{\mu_0}$ déduit de l'expérience et la valeur du même rapport déduit des formules théoriques.

Tous les calculs ont été effectués, en partant soit de la formule de Lorentz-Einstein, soit de celle d'Abraham.

1re SÉRIE

N° des plaques.	r	y	V	R	I	δ
—	51.29	55.90	46.90	43040	35.44	69.31
43	52.84	58.61	60.93	»	41.78	69.40
44	51.64	58.01	60.95	»	41.91	69.43
39	51.05	55.42	61.18	»	40.51	69.45
36	50.96	55.68	61.17	»	40.87	69.28
37	50.98	55.73	61.20	»	40.84	69.30
38	51.18	56.20	61.16	»	40.96	69.28
35	50.88	55.62	61.13	»	40.73	69.28
31	49.03	55.11	61.40	»	41.40	69.28
45	52.74	58.47	74.95	»	46.25	69.45
46	49.61	56.19	75.05	»	46.03	69.43
55	51.71	55.34	39.70	85970	45.77	69.38
53	51.86	55.34	39.95	»	45.85	69.35
54	52.06	55.70	39.80	»	45.77	69.75
48	47.42	54.45	75.23	43040	45.95	69.40
59	49.06	53.44	39.80	85970	45.35	69.35
52	43.63	52.24	74.99	43040	45.90	69.38
75	52.43	57.40	44.65	85970	50.03	69.60
69	52.92	57.25	44.95	»	50.00	69.40
76	52.03	57.46	44.30	»	50.00	69.45
71	52.78	57.22	44.93	»	50.00	69.45
68	51.74	56.60	45.00	»	50.05	69.25
70	52.37	57.12	44.93	»	50.00	69.45
50	43.62	52.11	75.60	43040	45.95	69.40
51	42.89	51.73	75.25	»	45.90	69.38
78	51.90	59.33	47.65	85970	53.95	69.45
79	51.79	59.26	47.65	»	53.95	69.48
77	52.26	59.49	47.90	»	53.95	69.48
80	51.58	59.18	47.55	»	53.95	69.45
94	53.25	58.58	50.13	»	54.18	69.40
95	51.65	57.53	50.15	»	54.10	69.40
86	48.98	57.60	47.80	»	53.98	69.40
90	50.73	57.70	50.05	»	54.60	69.40
82	46.55	56.90	46.03	»	53.93	69.45
91	50.40	57.35	50.05	»	54.60	69.40
92	50.38	57.50	50.08	»	54.60	69.38
87	48.05	56.88	47.75	»	53.98	69.35
93	50.40	57.43	50.03	»	54.55	69.43
96	50.93	57.65	50.05	»	54.05	69.40
97	50.30	57.25	50.00	»	54.05	69.40
124	52.78	57.17	53.29	»	53.81	69.70

1re SÉRIE

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ	β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ
(0.2277)	—	(1.027)	—	(0.2284)	—	(1.021)	—
0.2556	1.031	1.034	—0.003	0.2563	1.025	1.026	—0.001
0.2582	1.035	1.035	±0.000	0.2589	1.029	1.027	+0.002
0.2584	1.045	1.035	+0.010	0.2591	1.039	1.027	+0.012
0.2584	1.049	1.035	+0.014	0.2591	1.043	1.027	+0.016
0.2589	1.045	1.035	+0.010	0.2596	1.039	1.027	+0.012
0.2591	1.039	1.035	+0.004	0.2598	1.033	1.027	+0.006
0.2593	1.043	1.035	+0.008	0.2600	1.037	1.027	+0.010
0.2634	1.043	1.037	+0.006	0.2641	1.037	1.028	+0.009
0.2839	1.031	1.043	—0.012	0.2847	1.025	1.033	—0.008
0.2919	1.038	1.045	—0.007	0.2937	1.032	1.035	—0.003
0.2930	1.043	1.046	—0.003	0.2938	1.037	1.036	+0.001
0.2935	1.043	1.046	—0.003	0.2943	1.037	1.036	+0.001
0.2937	1.041	1.046	—0.005	0.2945	1.035	1.036	—0.001
0.2971	1.048	1.047	+0.001	0.2979	1.042	1.037	+0.005
0.3018	1.039	1.049	—0.010	0.3027	1.033	1.038	—0.005
0.3077	1.050	1.051	—0.001	0.3086	1.044	1.040	+0.004
0.3084	1.046	1.051	—0.005	0.3093	1.040	1.040	±0.000
0.3088	1.052	1.051	+0.001	0.3097	1.046	1.040	+0.006
0.3089	1.046	1.051	—0.005	0.3098	1.040	1.040	±0.000
0.3093	1.051	1.052	—0.001	0.3102	1.045	1.040	+0.005
0.3093	1.050	1.052	—0.002	0.3102	1.044	1.040	+0.004
0.3094	1.037	1.052	—0.015	0.3103	1.031	1.040	—0.009
0.3106	1.050	1.052	—0.002	0.3115	1.044	1.041	+0.003
0.3125	1.050	1.053	—0.003	0.3134	1.044	1.041	+0.003
0.3187	1.056	1.055	+0.001	0.3196	1.050	1.043	+0.007
0.3190	1.056	1.055	+0.001	0.3199	1.050	1.043	+0.007
0.3191	1.052	1.055	—0.003	0.3200	1.046	1.043	+0.003
0.3192	1.057	1.055	+0.002	0.3201	1.051	1.043	+0.008
0.3213	1.065	1.056	+0.009	0.3222	1.059	1.044	+0.015
0.3259	1.068	1.058	+0.010	0.3268	1.062	1.045	+0.017
0.3287	1.055	1.059	—0.004	0.3296	1.049	1.046	+0.003
0.3291	1.064	1.059	+0.005	0.3300	1.058	1.047	+0.011
0.3293	1.065	1.059	+0.006	0.3302	1.059	1.047	+0.012
0.3293	1.070	1.059	+0.011	0.3302	1.064	1.047	+0.017
0.3305	1.066	1.060	+0.006	0.3314	1.060	1.047	+0.013
0.3306	1.062	1.060	+0.002	0.3315	1.056	1.047	+0.009
0.3307	1.065	1.060	+0.005	0.3317	1.059	1.047	+0.012
0.3309	1.049	1.060	—0.011	0.3319	1.043	1.047	—0.004
0.3324	1.051	1.060	—0.009	0.3334	1.045	1.048	—0.003
0.3328	1.067	1.061	+0.006	0.3338	1.061	1.048	+0.013

N° des plaques.	x	y	V	R	I	δ
85	47.45	56.38	47.90	85970	53.93	69.40
84	48.05	57.08	47.95	»	53.95	69.35
112	55.05	57.33	57.85	»	55.85	69.40
103	46.93	55.75	50.03	»	55.00	69.40
106	47.99	55.58	51.25	»	54.80	69.40
108	53.30	56.25	57.60	»	55.90	69.40
98	50.40	55.63	54.15	»	54.93	69.35
99	49.78	55.55	53.55	»	54.90	69.40
107	46.72	55.58	50.00	»	54.65	69.45
105	48.35	55.28	52.25	»	54.85	69.40
100	49.85	56.05	53.25	»	54.95	69.40
104	49.60	55.40	53.65	»	54.93	69.40
101	48.88	55.53	52.80	»	54.95	69.40
123	52.45	56.28	57.50	»	56.05	69.60
110	52.20	55.43	57.88	»	55.75	69.40
111	51.93	55.40	57.88	»	55.87	69.40
109	51.55	55.13	57.80	»	55.70	69.40
114	50.00	54.38	57.70	»	55.88	69.40
113	50.18	54.60	57.75	»	55.80	69.40
120	49.40	54.10	57.65	»	55.93	69.70
115	49.58	54.28	57.70	»	55.85	69.70
121	49.35	54.30	57.55	»	55.90	69.70
129 *a*	53.35	57.48	62.35	»	59.03	69.75
117	48.13	53.38	57.75	»	55.88	69.70
126	52.45	57.02	62.40	»	59.10	70.00
118	47.83	53.40	57.80	»	55.90	69.70
119	47.30	52.98	57.65	»	55.90	69.70
130	51.90	56.80	62.40	»	59.05	69.55
131	49.75	55.38	62.30	»	59.05	70.00
127	47.54	54.03	62.40	»	59.10	70.00
125	46.58	53.35	62.43	»	59.10	70.00
129 *b*	45.85	52.78	62.35	»	59.03	69.75
132	52.23	57.73	71.50	»	64.55	69.70
133	51.75	57.25	71.50	»	64.60	69.65
138	51.33	57.18	71.45	»	50.00	69.40
134	51.65	57.20	71.45	»	64.50	69.80
135	51.35	57.25	71.40	»	64.38	69.80
139	50.40	56.80	71.25	»	64.95	69.30
136	50.43	56.55	71.50	»	64.84	69.45
140	49.38	55.58	71.33	»	64.77	69.30
137	49.28	56.03	71.48	»	64.94	69.85
141	47.58	54.73	71.17	»	64.73	69.35
116	34.05	44.18	57.75	»	55.95	69.70

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ	β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ
0.3332	1.062	1.061	+ 0.001	0.3342	1.056	1.048	+ 0.008
0.3333	1.049	1.061	— 0.012	0.3343	1.043	1.048	— 0.005
0.3405	1.059	1.064	— 0.005	0.3415	1.053	1.050	+ 0.003
0.3411	1.070	1.064	+ 0.006	0.3421	1.064	1.050	+ 0.014
0.3419	1.067	1.064	+ 0.003	0.3429	1.061	1.051	+ 0.010
0.3433	1.071	1.064	+ 0.007	0.3443	1.065	1.051	+ 0.014
0.3435	1.064	1.065	— 0.001	0.3445	1.058	1.051	+ 0.007
0.3436	1.064	1.065	— 0.001	0.3446	1.058	1.051	+ 0.007
0.3436	1.059	1.065	— 0.006	0.3446	1.053	1.051	+ 0.002
0.3438	1.068	1.065	+ 0.003	0.3448	1.062	1.051	+ 0.011
0.3440	1.055	1.065	— 0.010	0.3450	1.049	1.052	— 0.003
0.3444	1.065	1.065	± 0.000	0.3454	1.059	1.052	+ 0.007
0.3446	1.063	1.065	— 0.002	0.3456	1.057	1.052	+ 0.005
0.3475	1.065	1.066	— 0.001	0.3485	1.059	1.053	+ 0.006
0.3480	1.069	1.066	+ 0.003	0.3490	1.063	1.053	+ 0.010
0.3489	1.070	1.067	+ 0.003	0.3499	1.064	1.053	+ 0.011
0.3503	1.067	1.067	± 0.000	0.3513	1.061	1.054	+ 0.007
0.3545	1.073	1.069	+ 0.004	0.3555	1.067	1.055	+ 0.012
0.3548	1.064	1.069	— 0.005	0.3558	1.058	1.055	+ 0.003
0.3564	1.077	1.070	+ 0.007	0.3574	1.071	1.056	+ 0.015
0.3571	1.070	1.070	± 0.000	0.3581	1.064	1.056	+ 0.008
0.3576	1.069	1.071	— 0.002	0.3586	1.063	1.056	+ 0.007
0.3593	1.062	1.071	— 0.009	0.3603	1.056	1.057	— 0.001
0.3618	1.074	1.072	+ 0.002	0.3628	1.068	1.058	+ 0.010
0.3623	1.067	1.073	— 0.006	0.3633	1.061	1.058	+ 0.003
0.3646	1.067	1.074	— 0.007	0.3656	1.061	1.059	+ 0.002
0.3649	1.075	1.074	+ 0.001	0.3659	1.069	1.059	+ 0.010
0.3651	1.058	1.074	— 0.016	0.3661	1.052	1.059	— 0.007
0.3708	1.073	1.077	— 0.004	0.3718	1.067	1.061	+ 0.006
0.3788	1.077	1.080	— 0.003	0.3799	1.071	1.064	+ 0.007
0.3819	1.082	1.082	± 0.000	0.3830	1.076	1.065	+ 0.011
0.3838	1.083	1.083	± 0.000	0.3849	1.076	1.066	+ 0.010
0.3865	1.074	1.084	— 0.010	0.3866	1.067	1.067	± 0.000
0.3865	1.084	1.084	± 0.000	0.3866	1.077	1.067	+ 0.010
0.3866	1.087	1.084	+ 0.003	0.3877	1.080	1.067	+ 0.013
0.3873	1.083	1.085	— 0.002	0.3884	1.076	1.068	+ 0.008
0.3903	1.071	1.086	— 0.015	0.3914	1.064	1.069	— 0.005
0.3903	1.082	1.086	— 0.004	0.3914	1.075	1.069	+ 0.006
0.3904	1.087	1.086	+ 0.001	0.3915	1.080	1.069	+ 0.011
0.3914	1.100	1.087	+ 0.013	0.3925	1.093	1.069	+ 0.024
0.3969	1.092	1.090	+ 0.002	0.3980	1.085	1.071	+ 0.014
0.3993	1.095	1.091	+ 0.004	0.4004	1.088	1.072	+ 0.016
0.4228	1.112	1.103	+ 0.009	0.4240	1.105	1.082	+ 0.023

2me SÉRIE

N° des plaques	x	y	V	R	I	δ_0
—	48.65	54.84	45.09	43040	35.69	68.45
252	52.88	57.05	93.55	»	52.00	68.45
250	52.93	57.10	94.00	»	52.10	68.35
253	51.68	56.45	93.25	»	51.95	68.45
251	49.15	55.23	94.93	»	52.32	68.45
261	51.35	55.68	61.10	105610	66.35	68.30
281	55.73	60.80	67.75	»	73.20	68.15
295	50.93	55.98	62.15	»	67.50	68.40
260	50.38	54.63	61.75	»	66.00	68.35
305	48.73	55.50	61.00	»	67.95	68.35
267	48.18	55.25	60.50	»	67.70	68.30
271	48.03	54.65	60.75	»	67.45	68.25
286	52.18	58.88	66.70	»	72.95	68.40
283	53.60	59.10	68.70	»	73.30	68.20
272	50.85	55.60	65.50	»	69.25	68.25
276	49.95	56.08	64.20	»	69.65	68.30
254	45.38	52.20	72.40	»	65.20	68.45
275	49.13	55.33	64.50	»	69.70	68.30
280	51.95	58.18	68.20	»	73.20	68.15
274	49.20	55.35	64.60	»	69.55	68.35
273	49.40	55.15	65.00	»	69.35	68.40
304	46.73	54.10	61.55	»	68.08	68.45
278	50.03	59.40	66.60	»	75.20	68.25
292	48.00	53.18	64.25	»	67.45	68.45
268	46.15	52.93	62.30	»	67.60	68.35
294	47.50	53.48	63.45	»	67.50	68.35
300	48.20	53.33	65.08	»	67.95	68.40
302	47.38	53.80	64.30	»	68.90	68.30
279 *a*	49.58	59.13	66.90	»	75.20	68.30
287	48.55	57.20	65.75	»	73.00	68.35
303	46.58	53.73	63.20	»	68.60	68.45
285	48.70	57.18	66.50	»	73.10	68.35
299	45.65	55.10	63.40	»	71.15	68.35
284	47.63	57.80	66.50	»	75.00	68.30
255	41.98	50.15	72.40	»	65.40	68.45
282	46.75	54.88	68.27	»	73.30	68.20
293	43.75	50.90	63.65	»	67.55	68.45
291	43.38	54.83	63.50	»	73.05	68.40
288	44.15	54.70	64.90	»	73.10	68.30
279 *b*	45.03	55.50	67.50	»	75.20	68.30
289	42.23	53.63	64.10	»	73.00	68.40

2me SÉRIE

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ	β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ
(0.2281)	—	(1.027)	—	(0.2288)	—	(1.021)	—
0.3110	1.055	1.052	+ 0.003	0.3119	1.049	1.041	+ 0.008
0.3118	1.054	1.052	+ 0.002	0.3127	1.048	1.041	+ 0.007
0.3141	1.055	1.053	+ 0.002	0.3150	1.049	1.042	+ 0.007
0.3266	1.044	1.058	— 0.014	0.3275	1.038	1.046	— 0.008
0.3925	1.091	1.087	+ 0.004	0.3936	1.084	1.070	+ 0.014
0.3969	1.088	1.090	— 0.002	0.3980	1.081	1.071	+ 0.010
0.3979	1.090	1.090	± 0.000	0.3990	1.083	1.072	+ 0.011
0.3999	1.087	1.091	— 0.004	0.4010	1.080	1.072	+ 0.008
0.4019	1.095	1.092	+ 0.003	0.4030	1.088	1.073	+ 0.015
0.4029	1.093	1.093	± 0.000	0.4040	1.086	1.074	+ 0.012
0.4029	1.098	1.093	+ 0.005	0.4040	1.091	1.074	+ 0.017
0.4056	1.098	1.094	+ 0.004	0.4067	1.091	1.075	+ 0.016
0.4063	1.096	1.095	+ 0.001	0.4074	1.089	1.075	+ 0.014
0.4066	1.098	1.095	+ 0.003	0.4077	1.091	1.075	+ 0.016
0.4068	1.099	1.095	+ 0.004	0.4079	1.092	1.075	+ 0.017
0.4088	1.100	1.096	+ 0.004	0.4099	1.093	1.076	+ 0.017
0.4097	1.105	1.096	+ 0.009	0.4109	1.098	1.077	+ 0.021
0.4106	1.100	1.096	+ 0.004	0.4118	1.093	1.077	+ 0.016
0.4108	1.101	1.097	+ 0.004	0.4120	1.094	1.077	+ 0.017
0.4113	1.101	1.097	+ 0.004	0.4125	1.094	1.077	+ 0.017
0.4115	1.101	1.097	+ 0.004	0.4127	1.094	1.077	+ 0.017
0.4134	1.100	1.098	+ 0.002	0.4146	1.093	1.078	+ 0.015
0.4149	1.101	1.099	+ 0.002	0.4161	1.094	1.079	+ 0.015
0.4155	1.106	1.099	+ 0.007	0.4167	1.099	1.079	+ 0.020
0.4161	1.091	1.100	— 0.009	0.4173	1.084	1.079	+ 0.005
0.4166	1.101	1.100	+ 0.001	0.4178	1.094	1.079	+ 0.015
0.4166	1.105	1.100	+ 0.005	0.4178	1.098	1.079	+ 0.019
0.4171	1.096	1.100	— 0.004	0.4183	1.089	1.080	+ 0.009
0.4172	1.101	1.100	+ 0.001	0.4184	1.094	1.080	+ 0.014
0.4178	1.100	1.101	— 0.001	0.4190	1.093	1.080	+ 0.013
0.4199	1.096	1.102	— 0.006	0.4211	1.089	1.081	+ 0.008
0.4228	1.100	1.103	— 0.003	0.4240	1.093	1.082	+ 0.011
0.4230	1.102	1.103	— 0.001	0.4242	1.095	1.082	+ 0.013
0.4232	1.109	1.103	+ 0.006	0.4244	1.102	1.082	+ 0.020
0.4298	1.116	1.107	+ 0.009	0.4310	1.109	1.085	+ 0.024
0.4310	1.109	1.108	+ 0.001	0.4322	1.102	1.085	+ 0.017
0.4319	1.111	1.109	+ 00.02	0.4331	1.104	1.086	+ 0.018
0.4334	1.105	1.109	— 0.004	0.4346	1.098	1.087	+ 0.011
0.4349	1.120	1.110	+ 0.010	0.4361	1.113	1.087	+ 0.026
0.4384	1.118	1.113	+ 0.005	0.4396	1.111	1.089	+ 0.022

N° des plaques.	x	y	V	R	I	δ_0
290	42.95	54.15	64.60	105610	73.00	68.40
310	49.05	56.85	75.50	»	77.90	68.30
314	48.70	56.58	75.50	»	77.95	68.30
315	47.05	56.23	73.55	»	78.10	68.30
313	48.88	56.98	75.50	»	77.95	68.30
298	41.17	51.35	64.65	»	71.25	68.40
195	50.15	55.28	101.30	85970	78.10	68.50
312	47.85	56.05	76.00	105610	78.00	68.40
311	45.40	54.80	74.45	»	77.95	68.30
306	46.63	54.75	76.60	»	77.70	68.40
279 *c*	40.98	52.68	67.75	»	76.20	68.30
309	45.85	54.60	76.18	»	77.90	68.30
307	45.58	54.18	76.60	»	77.73	68.35
239	54.57	58.18	90.00	»	82.55	68.45
238	52.97	57.11	90.40	»	82.65	68.48
197	47.14	52.76	101.07	85970	77.40	68.53
198	49.27	55.04	105.28	»	80.60	68.58
308	44.50	53.05	78.25	105610	78.00	68.35
226	45.95	55.02	81.20	»	81.00	68.38
228	49.15	54.99	89.20	»	82.88	68.45
236	49.73	55.00	91.05	»	83.00	68.40
227	48.37	53.40	89.35	»	81.00	68.45
199	46.42	53.31	105.00	85970	80.45	68.58
237	48.63	54.53	90.80	105610	82.95	68.45
224	44.17	53.36	82.35	»	81.05	68.40
235	48.59	54.29	90.90	»	82.60	68.38
229	46.60	52.69	91.05	»	82.55	68.43

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ	β	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ théorique	Δ
0.4386	1.107	1.113	— 0.006	0.4398	1.100	1.089	+ 0.011
0.4416	1.115	1.114	+ 0.001	0.4428	1.108	1.090	+ 0.018
0.4423	1.119	1.115	+ 0.004	0.4435	1.112	1.091	+ 0.021
0.4424	1.128	1.115	+ 0.013	0.4436	1.121	1.091	+ 0.030
0.4438	1.107	1.116	— 0.009	0.4450	1.100	1.091	+ 0.009
0.4453	1.123	1.117	+ 0.006	0.4466	1.116	1.092	+ 0.024
0.4474	1.117	1.118	— 0.001	0.4487	1.110	1.093	+ 0.017
0.4487	1.117	1.119	— 0.002	0.4500	1.110	1.094	+ 0.016
0.4532	1.128	1.121	+ 0.007	0.4545	1.121	1.096	+ 0.025
0.4550	1.122	1.123	— 0.001	0.4563	1.115	1.097	+ 0.018
0.4553	1.127	1.123	+ 0.004	0.4566	1.120	1.097	+ 0.023
0.4577	1.120	1.125	— 0.005	0.4590	1.113	1.098	+ 0.015
0.4605	1.120	1.126	— 0.006	0.4618	1.113	1.099	+ 0.014
0.4622	1.118	1.127	— 0.009	0.4635	1.111	1.100	+ 0.011
0.4636	1.124	1.129	— 0.005	0.4649	1.117	1.101	+ 0.016
0.4677	1.129	1.131	— 0.002	0.4690	1.122	1.103	+ 0.019
0.4693	1.131	1.132	— 0.001	0.4706	1.124	1.104	+ 0.020
0.4702	1.124	1.133	— 0.009	0.4715	1.117	1.104	+ 0.013
0.4719	1.152	1.134	+ 0.018	0.4732	1.145	1.105	+ 0.040
0.4723	1.149	1.134	+ 0.015	0.4736	1.142	1.105	+ 0.037
0.4769	1.139	1.138	+ 0.001	0.4782	1.132	1.108	+ 0.024
0.4787	1.143	1.139	+ 0.004	0.4800	1.136	1.109	+ 0.027
0.4797	1.135	1.140	— 0.005	0.4810	1.128	1.109	+ 0.019
0.4825	1.135	1.142	— 0.007	0.4839	1.128	1.111	+ 0.017
0.4825	1.136	1.142	— 0.006	0.4839	1.129	1.111	+ 0.018
0.4834	1.132	1.142	— 0.010	0.4848	1.125	1.111	+ 0.014
0.4903	1.153	1.147	+ 0.006	0.4917	1.146	1.115	+ 0.031

Tableau général[1].

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ	β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ
(0.2279)	—	(1.027)	—	(0.2286)	—	(1.021)	—
0.2581	1.041	1.035	+ 0.006	0.2588	1.035	1.027	+ 0.008
0.2808	1.042	1.042	± 0.000	0.2816	1.036	1.033	+ 0.003
0.3029	1.046	1.049	— 0.003	0.3038	1.040	1.039	+ 0.001
0.3098	1.048	1.052	— 0.004	0.3107	1.042	1.040	+ 0.002
0.3159	1.054	1.054	± 0.000	0.3168	1.048	1.042	+ 0.006
0.3251	1.059	1.058	+ 0.001	0.3260	1.053	1.045	+ 0.008
0.3302	1.063	1.060	+ 0 003	0.3311	1.057	1.047	+ 0.010
0.3356	1.060	1.062	— 0.002	0.3365	1.054	1.049	+ 0.005
0.3433	1.066	1.065	+ 0.001	0.3443	1.060	1.051	+ 0.009
0.3462	1.065	1.066	— 0.001	0.3472	1.059	1.053	+ 0.006
0.3551	1.070	1.069	+ 0.001	0.3561	1.064	1.055	+ 0.009
0.3630	1.067	1.073	— 0.006	0.3640	1.061	1.058	+ 0.003
0.3813	1.079	1.082	— 0.003	0.3824	1.072	1.065	+ 0.007
0.3894	1.085	1.086	— 0.001	0.3905	1.078	1.069	+ 0.009
0.3972	1.091	1.090	+ 0.001	0.3985	1.084	1.072	+ 0.012
0.4044	1.096	1.094	+ 0.002	0.4055	1.089	1.074	+ 0.015
0.4097	1.101	1.096	+ 0.005	0.4108	1.094	1.077	+ 0.017
0.4147	1.100	1.099	+ 0.001	0.4159	1.093	1.079	+ 0.014
0.4186	1.100	1.101	— 0.001	0.4198	1.093	1.080	+ 0.013
0.4270	1.110	1.106	+ 0.004	0.4282	1.103	1.084	+ 0.019
0.4382	1.114	1.112	+ 0.002	0.4394	1.107	1.089	+ 0.018
0.4468	1.120	1.117	+ 0.003	0.4481	1.113	1.093	+ 0.020
0.4591	1.122	1.126	— 0.004	0.4604	1.115	1.099	+ 0.016
0.4714	1.137	1.134	+ 0.003	0.4727	1.130	1.105	+ 0.025
0.4829	1.139	1.142	— 0.003	0.4842	1.132	1.111	+ 0.021

La discussion de ces résultats est grandement facilitée par l'ensemble des considérations développées soit dans ce mémoire, soit dans celui de M. C.-E. Guye et S. Ratnowsky où les avantages généraux de la méthode ont été exposés de façon détaillée et résumés en particulier dans les conclusions du premier mémoire.

Ces avantages ressortent d'ailleurs en grande partie de l'inspection même de nos formules fondamentales (XV) et (XVI).

[1] Ce tableau a été communiqué à l'Académie des Sciences dans sa séance du 19 juillet 1915, *C. R.*, *161*, 1915, p. 52; les valeurs placées entre parenthèses sont relatives aux rayons de comparaison. Les résultats préliminaires avaient été présentés à la *Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* le 1er juillet 1915.

Nous reconnaissons, en effet, par ces formules que les valeurs absolues de β' et $\frac{\mu'}{\mu_0}$ ne dépendent en définitive que d'une seule valeur absolue: celle de la vitesse β des rayons lents de comparaison.

Cette grandeur ne dépend elle-même en valeur absolue, que de la valeur adoptée pour $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ et du potentiel de décharge U des rayons lents de comparaison. La première de ces grandeurs est actuellement bien connue, particulièrement par les recherches de Classen ; la seconde peut être déterminée avec une grande exactitude puisqu'il s'agit d'un potentiel de décharge relativement bas.

Il en résulte que l'incertitude qui peut entacher les valeurs entre crochets des formules (XV) et (XVI) doit être très faible. Indépendamment des conditions particulièrement favorables dans lesquelles ces déterminations sont effectuées, elles ont comporté un très grand nombre de mesures, de façon à éliminer aussi complètement que possible les causes d'erreur qui peuvent provenir des variations de dureté du tube au cours d'une expérience, si rapide soit-elle.

D'autre part l'examen des formules (XV) et (XVI) nous montre que toutes les grandeurs expérimentales (soit V, V', I, I', x, x', y, y') qui figurent dans ces formules *sont disposées symétriquement au numérateur et au dénominateur de ces expressions*. Les valeurs de β' et de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ ne dépendent donc pas des valeurs absolues de ces grandeurs, mais seulement de leurs valeurs relatives, quelle que soit l'échelle à l'aide de laquelle elles ont été mesurées. Si l'on ajoute que les grandeurs V, V', I, I' d'une part ont été mesurées sur le *même instrument*, dont la division avait été soigneusement vérifiée, que, d'autre part, les déviations x, x', y, y' enregistrées sur les clichés ont été mesurées à l'aide de la *même règle divisée*, que l'échelle de ces clichés était déterminée par la photographie de deux repères fixes, ce qui éliminait toute erreur provenant d'une contraction ou d'une extension de la gélatine, on se rendra compte que l'erreur systématique qui peut entacher les résultats doit être extrêmement petite; les erreurs accidentelles étant en partie éliminées par le grand nombre des mesures effectuées.

En résumé, il ressort des tableaux et du graphique qui précèdent, ainsi que des considérations que nous venons de développer, que *la formule de Lorentz-Einstein relative à la variation de l'inertie en fonction de la vitesse se trouve vérifiée avec une grande exactitude par l'ensemble de nos mesures.*

La répartition à peu près indifférente des écarts positifs et négatifs, jointe au grand nombre de mesures effectuées semble bien indiquer, en outre, que la formule de Lorentz-Einstein représente une loi très exacte que des détermina-

tions individuellement plus précises ne parviendraient pas aisément à mettre en défaut.

En particulier si l'on fait la moyenne algébrique des écarts Δ pour chacune des deux théories (tableau général) on trouve :

Lorentz-Einstein $\Delta_{moy.} = + 0{,}0002$
Abraham $\Delta_{moy.} = + 0{,}0112$

L'écart algébrique moyen avec la formule d'Abraham est incomparablement plus grand qu'avec celle de Lorentz-Einstein, pour laquelle cet écart est *insignifiant*.

APPENDICE

Nous donnons ci-après un certain nombre de formules et de tableaux destinés à faciliter les calculs qu'il est nécessaire d'effectuer en vue de la réduction des expériences suivant l'une ou l'autre des deux théories. Nous y avons joint quelques unes des expressions les plus usitées dans la théorie de l'inertie électro-magnétique de l'électron.

I. FORMULES

Les diverses lettres employées dans ces formules ont les significations suivantes

μ_0 masse de l'électron aux très faibles vitesses $= 0{,}900 \times 10^{-27}$ gramme.
μ_1 masse longitudinale.
μ masse transversale.
(μ) masse cinétique.
e charge de l'électron en U. E. $S_{CGS} = 4{,}78 \times 10^{-10}$.
ε charge de l'électron en U. E. $M_{CGS} = 1{,}593 \times 10^{-20}$.
$\frac{e}{\mu_0}$ rapport de la charge à la masse de l'électron aux très faibles vitesses $= 5{,}31 \times 10^{17}$.
$\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ rapport de la charge à la masse de l'électron aux très faibles vitesses $= 1{,}77 \times 10^{7}$.
V vitesse de la lumière $= 3 \times 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.
v vitesse de l'électron en $\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.
β vitesse de l'électron, la vitesse de la lumière étant prise comme unité.
W_0 énergie électrostatique de l'électron au repos.
W_e énergie électrostatique de l'électron en mouvement.
W_m énergie magnétique de l'électron en mouvement.
(W) énergie cinétique de l'électron.
$[w]$ énergie de contraction de l'électron.

K constante diélectrique.
$\varkappa$ perméabilité magnétique.
a rayon de l'électron supposé sphérique (hypothèse d'Abraham);
$a = 1,880 \times 10^{-13}$ (charge de l'électron en surface).
$a = 2,256 \times 10^{-13}$ (charge de l'électron en volume).
U_{cgs} potentiel de décharge en U. E. M_{cgs}.
$U_{(volts)}$ potentiel de décharge en volts.

§ 1. — Formules relatives aux très faibles vitesses.

La théorie de la relativité, en accord avec la formule de Lorentz-Einstein, ne spécifie généralement rien sur la forme de l'électron et la répartition de sa charge. Mais si l'on établit la comparaison entre les deux théories représentées d'une part par la formule de Lorentz-Einstein, d'autre part par celle d'Abraham, on suppose fréquemment que l'on a affaire à un électron de forme sphérique, déformable en fonction de la vitesse dans le premier cas, indéformable dans le second. Cette supposition conduit aux relations suivantes, quelle que soit alors la théorie admise puisqu'il s'agit de très faibles vitesses.

Electron sphérique aux très faibles vitesses.

Masse de l'électron au repos.

$$(1) \qquad \mu_0 = \frac{2\varkappa e^2}{3aV^2} = \frac{2\varkappa \varepsilon^2}{3a} \qquad \text{(charge en surface)}$$

$$(2) \qquad \mu_0 = \frac{4\varkappa}{5}\frac{e^2}{aV^2} = \frac{4\varkappa}{5}\frac{\varepsilon^2}{a} \qquad \text{(charge en volume)}$$

Energie électrostatique de l'électron au repos.

$$(3) \qquad W_0 = \frac{e^2}{2Ka} = \frac{\varepsilon^2}{2Ka}V^2 = \frac{3}{4}\frac{\mu_0}{(K\varkappa)}V^2 \qquad \text{(charge en surface)}$$

$$(4) \qquad W_0 = \frac{3}{5}\frac{e^2}{Ka} = \frac{3}{5}\frac{\varepsilon^2}{Ka}V^2 = \frac{3}{4}\frac{\mu_0}{(K\varkappa)}V^2 \qquad \text{(charge en volume)}$$

Energie magnétique (aux très faibles vitesses).

$$(5) \qquad W_m = \frac{\varkappa e^2}{3aV^2}v^2 = \frac{\varkappa\varepsilon^2}{3a}v^2 = \frac{1}{2}\mu_0 v^2 = \frac{1}{2}\mu_0\beta^2 V^2 \qquad \text{(charge en surface)}$$

$$(6) \qquad W_m = \frac{2}{5}\frac{\varkappa e^2}{aV^2}v^2 = \frac{2}{5}\frac{\varkappa e^2}{a}v^2 = \frac{1}{2}\mu_0 v^2 = \frac{1}{2}\mu_0\beta^2 V^2 \qquad \text{(charge en volume)}$$

§ 2. — Formules applicables aux vitesses quelconques.

A. Théorie de Lorentz-Einstein.

Masse longitudinale. $\mu_1 = \mu_0 (1 - \beta^2)^{-\frac{3}{2}}$ (7)

Masse transversale. $\mu = \mu_0 (1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}$ (8)

Masse cinétique. $(\mu) = \mu_0 \frac{2}{\beta^2}\left[(1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}} - 1\right]$ (9)

(10) $\frac{\mu_1}{\mu_0} = \left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]^3$ $\frac{(\mu)}{\mu_0} = \frac{2}{\beta^2}\left[\frac{\mu}{\mu_0} - 1\right]$ (11)

Formules développées pour le cas particulier où les vitesses restent petites par rapport à celles de la lumière.

(12) $\mu_1 = \mu_0\left[1 + \frac{3}{2}\beta^2 + \frac{3\,.\,5}{2\,.\,4}\beta^4 + \frac{3\,.\,5\,.\,7}{2\,.\,4\,.\,6}\beta^6 + \dots\right]$

(13) $\mu_2 = \mu_0\left[1 + \frac{1}{2}\beta^2 + \frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\beta^4 + \frac{1\,.\,3\,.\,5}{2\,.\,4\,.\,6}\beta^6 + \dots\right]$

(14) $(\mu) = \mu_0\left[1 + \frac{3}{4}\beta^2 + \frac{3\,.\,5}{4\,.\,6}\beta^4 + \frac{3\,.\,5\,.\,7}{2\,.\,4\,.\,6}\beta^6 + \dots\right]$

Diverses formes d'énergie de l'électron (en ergs).

Energie électrostatique de l'électron au repos.

(15) $W_0 = \frac{3}{4}\mu_0 V^2$

Energie électrostatique de l'électron en mouvement.

(16) $W_e = \mu_0\left[\frac{3 - \beta^2}{4}(1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}\right]V^2$

Energie magnétique de l'électron en mouvement.

(17) $W_m = \mu_0\left[\frac{(1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}}{2}\beta^2\right]V^2$

Energie de contraction de l'électron en mouvement.

(18) $$[w] = \mu_0 \left[\frac{1 - (1-\beta^2)^{\frac{1}{2}}}{4} \right] V^2$$

Energie cinétique de l'électron.

(19) $$(W) = \mu_0 \left[(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} - 1 \right] V^2$$

(20) $$(W) = (W_e - W_0) + W_m - [w]$$

Expressions des diverses formes d'énergie de l'électron en fonction de sa masse transversale μ *et de sa masse à l'état de repos* μ_0.

(21) $$W_0 = \frac{3}{4} \mu_0 V^2 \qquad W_e = \frac{(3-\beta^2)}{4} \mu V^2$$ (22)

(23) $$W_e - W_0 = \left[\frac{3(\mu - \mu_0) - \beta^2 \mu}{4} \right] V^2$$

(24) $$W_m = \frac{1}{2} \mu \beta^2 V^2 \qquad [w] = \frac{1}{4} \left[\mu_0 - \frac{1}{\mu} \right] V^2$$ (25)

Potentiel de décharge U *correspondant à diverses vitesses* β *des rayons cathodiques* (voir Tableau).

$$U_{CGS} = \frac{1}{2} \frac{(\mu)}{\varepsilon} \beta^2 V^2 \qquad U_{volts} = \frac{1}{2} \frac{\mu_0}{\varepsilon} \frac{(\mu)}{\mu_0} \frac{\beta^2}{10^8} V^2$$

$\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}77 \times 10^7$; $V^2 = 9 \times 10^{20}$; pour $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ et β^2 (voir Tableaux).

B. Théorie d'Abraham.

(Electron sphérique indéformable)

Masse longitudinale.

$$\mu_1 = \mu_0 \frac{3}{4\beta^2} \left[-\frac{1}{\beta} \log_e \frac{1+\beta}{1-\beta} + \frac{2}{1-\beta^2} \right]$$ (26)

Masse transversale.

$$\mu = \mu_0 \frac{3}{4\beta^2} \left[\frac{1+\beta^2}{2\beta} \log_e \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1 \right]$$ (27)

Masse cinétique.

$$(\mu) = \mu_0 \frac{3}{\beta^2} \left[\frac{1}{2\beta} \log_e \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1 \right]$$ (28)

Formules développées pour le calcul dans le cas où les vitesses restent petites vis-à-vis de celle de la lumière.

$$\mu_1 = \mu_0\left[1 + \frac{6}{5}\beta^2 + \frac{9}{7}\beta^4 + \frac{12}{9}\beta^6 + \ldots\right] \qquad (29)$$

$$\mu = \mu_0\left[1 + \frac{6}{3.5}\beta^2 + \frac{9}{5.7}\beta^4 + \frac{12}{7.9}\beta^6 + \ldots\right] \qquad (30)$$

$$(\mu) = \mu_0\left[1 + \frac{3}{5}\beta^2 + \frac{3}{7}\beta^4 + \frac{3}{9}\beta^6 + \ldots\right] \qquad (31)$$

Diverses formes de l'énergie de l'électron (en ergs).

Energie électrostatique de l'électron au repos.

$$(32) \qquad W_0 = \frac{3}{4}\mu_0 V^2$$

Energie électrostatique de l'électron en mouvement.

$$(33) \qquad W_e = \frac{3}{8}\mu_0\left[\frac{3-\beta^2}{2\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right]V^2$$

Energie magnétique de l'électron en mouvement.

$$(34) \qquad W_m = \frac{3}{8}\mu_0\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right]V^2$$

Energie cinétique de l'électron.

$$(35) \qquad (W) = \frac{3}{2}\mu_0\left[\frac{1}{2\beta}\log_e\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right]V^2$$

$$(36) \qquad (W) = (W_e - W_0) + W_m$$

Comparaison approximative des formules de Lorentz-Einstein et d'Abraham.

$$(37) \qquad \frac{\mu_{1_L}}{\mu_{1_A}} = 1 + 0{,}3\,\beta^2$$

$$(38) \qquad \frac{\mu_L}{\mu_A} = 1 + 0{,}1\,\beta^2$$

$$(39) \qquad \frac{(\mu)_L}{(\mu)_A} = 1 + 0{,}15\,\beta^2$$

(40) $$\mu_{1_L} - \mu_{1_A} = \mu_0 0{,}3\beta^2$$

(41) $$\mu_L - \mu_A = \mu_0 0{,}1\beta^2$$

(42) $$(\mu)_L - (\mu)_A = \mu_0 0{,}15\beta^2$$

Ces formules ne sont applicables que si β est petit vis-à-vis de l'unité; elles dérivent des formules (12), (13), (14), (29), (30), (31) réduites au premier terme du developpement en série.

II. TABLEAUX

Dans le but de faciliter les calculs, particulièrement aux faibles vitesses, les formules (12), (13) et (14) (théorie de Lorentz-Einstein) ont été mises sous la forme :

$$\mu_1 = \mu_0[1 + 1{,}5\beta^2 + 1{,}875\beta^4 + 2{,}1875\beta^6 + ...]$$
$$\mu = \mu_0[1 + 0{,}5\beta^2 + 0{,}375\beta^4 + 0{,}3125\beta^6 + ...]$$
$$(\mu) = \mu_0[1 + 0{,}75\beta^2 + 0{,}625\beta^4 + 0{,}546875\beta^6 + ...]$$

Tableau N° 1.

Puissances paires de β.

β	β^2	β^4	β^6
0,01	0,0001	0,00000001	0,000000000001
0,05	0,0025	0,00000625	0,000000015625
0,10	0,0100	0,00010000	0,000001000000
0,15	0,0225	0,00050625	0,000011390625
0,20	0,0400	0,00160000	0,00006400000
0,25	0,0625	0,00390625	0,000244140625
0,30	0,0900	0,00810000	0,000729000000
0,35	0,1225	0,01500625	0,001838265625
0,40	0,1600	0,02560000	0,004096000000
0,45	0,2025	0,04100625	0,008303765625
0,50	0,2500	0,06250000	0,015625000000

TABLEAU N° 2.

Valeurs comparées des divers termes du développement en série aux diverses vitesses β.

Masse longitudinale.

β	$1,5\,\beta^2$	$1,875\,\beta^4$	$2,1875\,\beta^6$
0,05	0,00375	0,00001172	0,00000003
0,10	0,01500	0,00018750	0,00000219
0,15	0,03375	0,00094920	0,00002492
0,20	0,06000	0,00300000	0,00014000
0,25	0,09375	0,00732422	0,00053406
0,30	0,13500	0,01518750	0,00159469

Masse transversale.

β	$0,5\,\beta^2$	$0,375\,\beta^4$	$0,312\,\beta^6$
0,05	0,00125	0,00000234	0,000000005
0,10	0,00500	0,00003750	0,00000031
0,15	0,01125	0,00018984	0,00000356
0,20	0,02000	0,00060000	0,00002000
0,25	0,03125	0,00146484	0,00007544
0,30	0,04500	0,00303750	0,00022781

Masse cinétique.

β	$0,75\,\beta^2$	$0,625\,\beta^4$	$0,546875\,\beta^6$
0,05	0,001875	0,00000391	0,000000008
0,10	0,007500	0,00006250	0,00000055
0,15	0,016875	0,00031641	0,00000623
0,20	0,030000	0,00100000	0,00003500
0,25	0,046875	0,00244141	0,00013351
0,30	0,067500	0,00506250	0,00039867

TABLEAU N° 3.

Valeurs des rapports $\frac{\mu_1}{\mu_0}$, $\frac{\mu}{\mu_0}$, $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ calculés par les formules développées en série (12), (13), (14). A comparer les trois dernières valeurs de ce tableau aux valeurs obtenues par la formule complète et les logarithmes à sept décimales. (Tableau N° 4.)

β	$\frac{\mu_1}{\mu_0}$	$\frac{\mu}{\mu_0}$	$\frac{(\mu)}{\mu_0}$
0,05	1,003762	1,001252	1,001879
0,10	1,015190	1,005038	1,007563
0,15	1,034724	1,011443	1,017198
0,20	1,063140	1,020620	1,031035
0,25	1,101608	1,032790	1,049316
0,30	1,151782	1,048265	1,072961

THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN

TABLEAU N° 4.

Valeurs des rapports $\frac{\mu_1}{\mu_0}$, $\frac{\mu}{\mu_0}$, $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ aux diverses vitesses β calculés par les formules complètes (1).

β	$\frac{\mu_1}{\mu_0}$	$\frac{\mu}{\mu_0}$	$\frac{(\mu)}{\mu_0}$
0	1,———	1,———	1,———
0,05	[1] 1,00376	[1] 1,00125	[1] 1,00189
0,10	[1] 1,01519	[1] 1,00504	[1] 1,00756
0,15	[1] 1,03472	[1] 1,01144	[1] 1,01720
0,20	1,06315	1,02062	1,03105
0,25	1,10165	1,03280	1,04947
0,30	1,15196	1,04828	1,07300
0,35	1,21655	1,06752	1,10238
0,40	1,29892	1,09109	1,13861
0,45	1,40412	1,11978	1,18306
0,50	1,53960	1,15470	1,23761
0,55	1,71666	1,19736	1,30487
0,60	1,95312	1,25000	1,38889
0,65	2,27862	1,31590	1,49540
0,70	2,74565	1,40028	1,63380
0,75	3,45567	1,51186	1,81994
0,80	4,62963	1,66667	2,08332
0,85	6,84079	1,89832	2,48669
0,90	12,07451	2,29416	3,19545
0,95	32,84680	3,20256	4,88103
1,—	∞	∞	∞

[1] Les trois premières valeurs ont été calculées par le développement en série, le reste du tableau a été par les formules complètes et les logarithmes à sept décimales.

TABLEAU N° 5.

Potentiels de décharge (en volts) correspondant à diverses vitesses β des rayons cathodiques.

$$U_{cos} = \frac{1}{2}\frac{(\mu)}{\varepsilon}\beta^2 V^2 \qquad U_{(volts)} = 254237\frac{(\mu)}{\mu_0}\beta^2$$

β	U_{volts}	β	U_{volts}
0,05	637	0,55	100353
0,10	2562	0,60	127118
0,15	5819	0,65	160629
0,20	10485	0,70	203533
0,25	16676	0,75	260266
0,30	24552	0,80	338980
0,35	34333	0,85	456771
0,40	46316	0,90	658044
0,45	60908	0,95	1119947
0,50	78661	1,—	∞

THÉORIE D'ABRAHAM

TABLEAU N° 6.

Valeurs des rapports $\frac{\mu_1}{\mu_0}$, $\frac{\mu}{\mu_0}$, $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ aux diverses vitesses β.

β	$\frac{\mu_1}{\mu_0}$	$\frac{\mu}{\mu_0}$	$\frac{(\mu)}{\mu_0}$
0,—	1,—	1,—	1,—
0,05	[1] 1,00301	[1] 1,00100	[1] 1,00150
0,10	[1] 1,01213	[1] 1,00403	[1] 1,00604
0,15	1,02775	1,00892	1,01288
0,20	1,05016	1,01642	1,02469
0,25	1,08044	1,02601	1,03911
0,30	1,11948	1,03824	1,05843
0,35	1,16916	1,05325	1,08061
0,40	1,23146	1,07147	1,10851
0,45	1,30968	1,09343	1,14239
0,50	1,40833	1,11980	1,18335
0,55	1,53403	1,15150	1,23302
0,60	1,69680	1,18977	1,29379
0,65	1,91303	1,23676	1,36875
0,70	2,20954	1,29507	1,46326
0,75	2,63578	1,36932	1,58546
0,80	3,29183	1,46737	1,74968
0,85	4,41358	1,60421	1,98365
0,90	6,71733	1,81555	2,35481
0,95	13,84192	2,21749	3,08539
1,—	∞	∞	∞

[1] Ces deux premières valeurs ont été calculées par le développement en série; le reste du tableau a été calculé par les formules complètes et les tables de logarithmes à sept décimales.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Expériences de MM. C.-E. Guye et S. Ratnowsky

DEUXIÈME PARTIE

Expériences de MM. C.-E. Guye et C. Lavanchy

APPENDICE

EXPLICATION DE LA PLANCHE 4

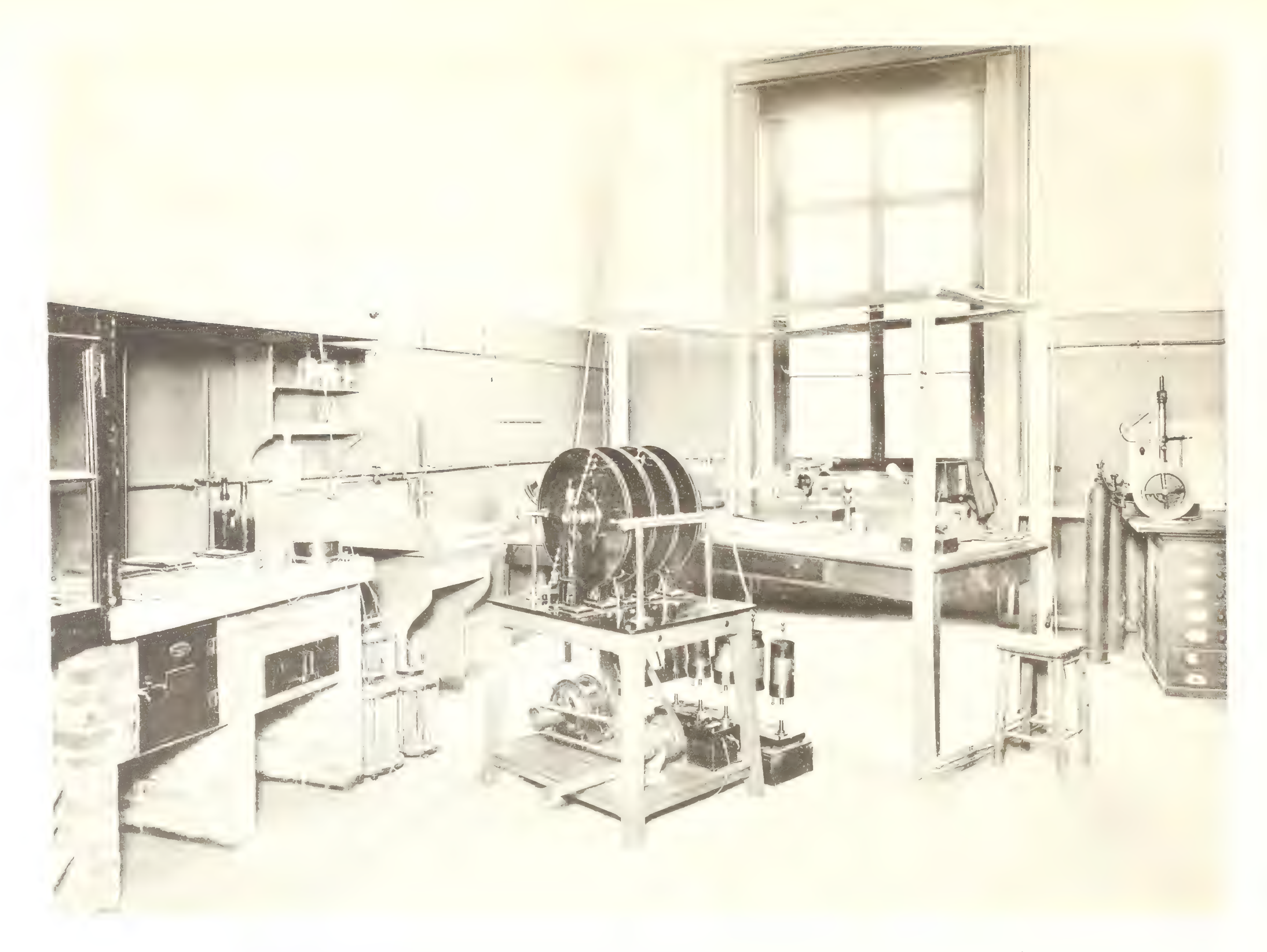
La pl. 4 représente divers appareils utilisés dans les expériences.

Au premier plan, la machine électrostatique (Roycourt) à 8 plateaux qui alimentait le tube cathodique dans la seconde série d'expériences. Pour les besoins de la photographie, cette machine est placée à proximité immédiate du tube, mais au cours des expériences sa place était aussi éloignée que possible du tube à décharge afin d'éviter toute influence électrostatique perturbatrice résultant de l'ionisation intense de l'atmosphère dans son voisinage ; le courant de décharge était amené au tube par des conducteurs noyés dans du caoutchouc de façon à éviter les déperditions par aigrette.

Au second plan, le tube à décharge disposé au milieu des cadres compensateurs ; ce tube est relié à gauche à la pompe à vide, laquelle n'est pas visible sur la figure ; on aperçoit seulement les appareils dessicateurs interposés entre le tube et la pompe ; à droite, toujours à l'intérieur des cadres compensateurs, l'appareil photographique et les instruments servant d'une part à la mesure de l'intensité du courant qui traverse les bobines et crée le champ magnétisant ; d'autre part à la mesure de la différence de potentiel des plateaux du condensateur placé à l'intérieur du tube. Le tube qui figure sur cette photographie n'est pas celui qui a servi dans les expériences définitives.

Enfin, à l'extrême droite de la photographie, se trouve l'électromètre sous pression avec le cylindre réservoir d'anhydride carbonique et, derrière, le cylindre tampon intercalé entre le premier cylindre et l'électromètre.

Tout à fait à gauche de la figure se trouvent les rhéostats et les ampèremètres destinés au réglage du champ compensateur.



Ch.-Eug. Guye et Ch. Lavanchy. *Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein.*

EXPLICATION DE LA PLANCHE 5

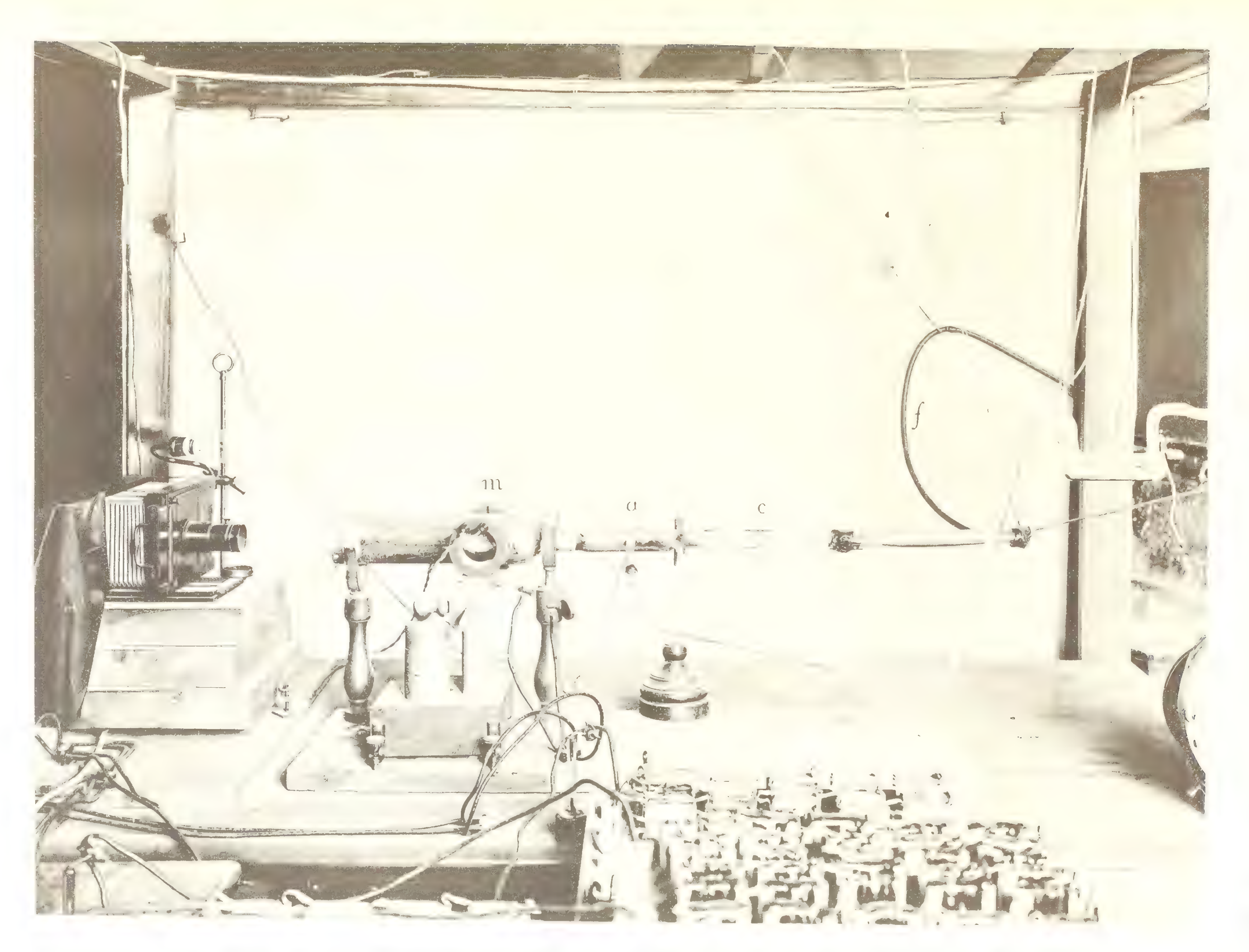
La pl. 5 donne à une plus grande échelle la disposition du tube d'expérience au centre des cadres compensateurs.

Au premier plan, on aperçoit les batteries d'éléments destinées à fournir la différence de potentiel aux armatures du condensateur placé à l'intérieur du tube.

Le tube lui-même reçoit le courant par l'intermédiaire d'un fil de cuivre *f*, noyé dans une gaîne épaisse de caoutchouc ; *c* désigne la cathode et *a* le tube anode ; *m* les bobines produisant le champ magnétique déviant. Sur la plus grande partie de sa surface, le tube est recouvert de papier d'étain en communication avec le sol.

Sur la gauche de la figure, l'appareil photographique disposé en face de la glace terminale du tube, laquelle est recouverte partiellement à son intérieur de tungstate de chaux (fluorescence bleue).

Enfin, tout à droite, on aperçoit partiellement la pompe de Gaede servant à faire le vide et reliée au tube d'expérience par l'intermédiaire d'un appareil dessicateur.



Ch.-Eug. Guye et Ch. Lavanchy. *Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein.*

EXPLICATION DE LA PLANCHE 6

Fig. 1. Ce cliché (négatif) représente une série de déterminations enregistrées sur une même plaque à laquelle après chaque pose, on imprimait un petit déplacement. L'ensemble de cinq points disposés verticalement constitue *une détermination* : le point médian correspond au faisceau cathodique non dévié ; les quatre autres donnent les positions du faisceau dévié, soit vers le haut, soit vers le bas, pour chacun des champs électrique et magnétique (la plus grande des deux déviations correspond au champ magnétique) : les repères ont été photographiés au début et à la fin de la série ; ils ont dû être renforcés à la retouche sur le cliché photographique.

L'ensemble des mesures effectuées comporte 150 clichés de ce type comprenant environ 2000 déterminations.

La fig. 2 représente une expérience dans laquelle l'homogénéité du faisceau cathodique est particulièrement remarquable. Les traces des faisceaux déviés sur le cliché ne sont qu'à peine déformées ; il n'y a pas de dispersion sensible. On peut en conclure que les divers électrons qui constituent le faisceau cathodique ont tous même vitesse v et même rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$. Comme nous l'avons fait remarquer [1] si l'on se place dans l'hypothèse de Poincaré (pression constante de l'éther) il en résulte que toutes les charges ε des divers électrons qui constituent un faisceau cathodique doivent avoir même valeur : (C.-E. Guye. *A propos des sous électrons.*)

[1] *Arch. des Sc. phys. et mat.*, t. 39 (4) fév. 1915, p. 190.

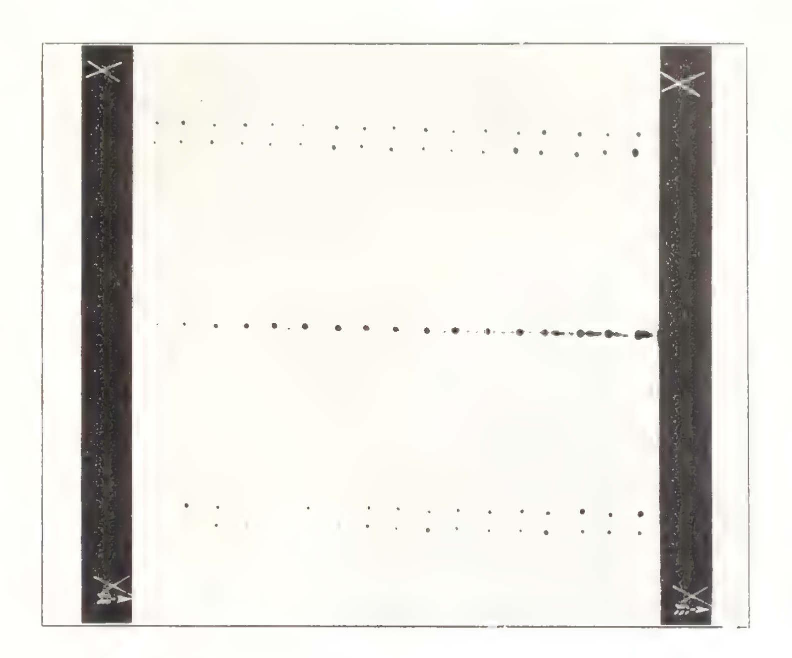


FIG. 1.



FIG. 2.

CH.-EUG. GUYE et CH. LAVANCHY. *Vérification expérimentale de la formule Lorentz-Einstein.*

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXVIII (1884-1921). Prix Fr. 50

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6

Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39

Fascicule 7

Rapport présidentiel pour l'année 1921

par Léon-W. COLLET

Géologie de la Zone de Chamonix

comprise entre le Mont-Blanc et les Aiguilles Rouges

par Edouard PARÉJAS

(Avec 1 carte et 13 figures.)

GENÈVE

GEORG & Cie

BALE et LYON même maison.

Prix : Fr. 15. —

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 7, VOLUME 39

Pages

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 7.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1921

PAR

Léon W. COLLET

Messieurs et chers Collègues,

L'année dernière, à pareille époque, le Président sortant de charge M. J. L. Prévost vous faisait remarquer que le nombre des communications tendait à diminuer tout comme la fréquentation aux séances. Il vous engageait sagement à reprendre le chemin de notre vieille Société où il est bon que se concentrent les résultats des travaux des chercheurs genevois ou étrangers habitant notre ville. Son appel, je m'empresse de le dire, a été entendu et durant l'année 1921 les communications ont été nombreuses (38 contre 27 en 1920) et ce qu'il y a de réjouissant c'est que les problèmes scientifiques les plus divers y ont été abordés, comme le montre la liste des travaux présentés aux séances, qui fait suite à ce rapport.

Le nombre de nos membres ordinaires s'est accru d'hommes connus par leurs travaux comme MM. Guyénot, Lendner, Tiercy et F. Turrettini et de jeunes comme MM. Paréjas, Naville et Sarasin qui se lancent dans la carrière scientifique et qui ont fait leur première communication chez nous.

Que tous soient ici les bienvenus et que nos jeunes collègues soient assurés qu'ils trouveront toujours à la Société de Physique de l'intérêt pour leurs travaux et des encouragements.

Nous avons perdu un de nos membres ordinaires Théodore Lullin de Candolle dont je vous parlerai tout à l'heure.

Une revision de notre Règlement était devenue nécessaire en suite de plusieurs modifications apportées ces dernières années. Vous en avez profité pour décider que le nombre des membres ordinaires ne serait plus limité à l'avenir. Celui des membres honoraires, par contre, ne pourra dépasser 40. Enfin la catégorie des membres émérites a été supprimée car vous avez admis qu'on pouvait rester membre ordinaire si l'on quittait Genève et que l'on pouvait le devenir même en habitant hors de notre ville.

Le coût des publications nous a conduits à limiter à trois pages l'étendue de chaque communication dans le Compte Rendu et à exiger des auteurs des extraits dactylographiés, *ne varietur*.

Votre Comité de Publication, après avoir examiné les travaux présentés par M. Raoul Boissier sur « *le colmatage du Val des Dix* », et par M. Guyénot sur « *un cas d'hérédité « sex linked », la Drosophile à œil « barred »*, a décidé leur publication avec le rapport présidentiel pour 1920, comme fascicule 5 du volume 39 de nos Mémoires.

Enfin le mémoire de M. Ch. E. Guye sur la « *vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein* » forme le fascicule 6 du même volume.

Une série de nos Mémoires a pu être complétée par notre Secrétaire-Correspondant, M. Perrot. Je l'en remercie.

Les travaux de mise au net pour la publication de la Carte Dufour au 1 : 12500e ont été terminés avec l'année 1921. Il s'agissait du report du Cadastre (qui est à l'échelle du 1 : 1000e ou du 1 : 500) sur la carte et de la revision de cette dernière sur le terrain. Ce travail considérable avait été confié en 1920 par votre Commission, d'entente avec le Département des Travaux Publics, à M. l'Ingénieur Joukowsky dont nous eûmes à déplorer la perte cet été en suite d'un accident. Si la carte Dufour peut être publiée avec le Cadastre réduit à son échelle, nous le devrons avant tout à ce dévoué collaborateur, travailleur infatigable autant qu'habile technicien. Que MM. Philippe et Denis Choffat reçoivent ici nos remerciements pour s'être spontanément offerts à parachever ce travail dans les délais fixés.

Une adresse de félicitations a été envoyée à notre illustre membre honoraire M. Noelting, à l'occasion de son 70e anniversaire. La Société pro Fauna et Flora Fennica, une de nos correspondantes, a reçu nos compliments et nos vœux à l'occasion du centenaire de sa fondation. M. Briquet, ancien Président, a représenté notre Société cet été, en l'absence de votre Président, au 100e anniversaire de la fondation de l'Académie de Savoie. Il a remis une adresse de félicitations au nom de la Société de Physique et de l'Institut national genevois. Votre vice-président, M. Amé Pictet a assisté à la cérémonie de la remise du buste d'Emile Yung et votre Président a représenté la Société de Physique à une réception de la Société des Arts. Enfin, M. Raoul Gautier a représenté notre Société à la manifestation organisée en l'honneur de M. le Professeur A. D'Espine, quand il a pris sa retraite.

Admirateur d'Horace Bénédict de Saussure, ce fut pour moi un grand plaisir que de vous présenter la biographie [1] de ce grand savant genevois, due à la plume autorisée d'un ancien Président de la Société Royale de Géographie de Londres et de l'Alpine Club: M. Douglas W. Freshfield. Admirablement secondé par M. Henri F. Montagnier, — collaborateur de notre collègue M. Albert Brun dans son exploration des volcans des Canaries —, l'auteur s'est acquitté de la noble tâche qu'il avait entreprise avec une rare distinction. Membre du « Board of Education » de Grande-Bretagne, c'est-à-dire de la Commission de l'Instruction Publique, l'explorateur du Caucase et du Kangchenjunga ne s'est pas borné à dire ce que de Saussure fit dans différents domaines. Il a voulu montrer à côté du savant que nous connaissons, l'homme et le citoyen que nous ignorons. Et cette vie d'Horace Bénédict de Saussure peinte avec amour par un explorateur anglais, passionné de notre pays, nous montre qu'un savant n'a pas que des devoirs envers la Science, mais encore envers ses semblables et son pays.

Vous avez témoigné votre reconnaissance à M. Freshfield en le nommant « Membre Honoraire » par acclamations.

Permettez-moi en terminant de faire un vœu, qui est le vôtre, c'est que la traduction en français du beau volume de notre illustre honoraire, qui est presque terminée, trouve un éditeur.

[1] DOUGLAS W. FRESHFIELD with the collaboration of Henry F. MONTAGNIER. *The life of Horace Benedict de Saussure,* London, Edward Arnold, 1920.

NOTICE BIOGRAPHIQUE

THÉODORE LULLIN DE CANDOLLE
(1853-1921)

Encouragé par ses trois beaux-frères, Charles Soret, Augustin de Candolle et le Dr d'Espine, Théodore Lullin de Candolle entra dans notre Société en 1897. En 1895 il avait publié dans les « Archives » des *Recherches sur la chute d'une goutte d'eau.* Il obtint au cours de ce travail des photographies, très remarquables pour l'époque, montrant les formes successives que prend une goutte d'eau, en vibrant pendant la chute. Une des meilleures épreuves se trouve, encadrée, au Laboratoire de Physique de l'Université.

Plus tard il inventa un *Rhéomètre hydraulique* destiné à l'étude des courants profonds dans un lac ou dans la mer (Archives, t. IV, p. 179. 1897). Son habileté à saisir par la photographie les phénomènes des liquides en mouvement, le porta à étudier des empreintes que l'on obtient en faisant tomber de l'eau goutte à goutte sur une plaque de verre recouverte d'un liquide visqueux. Il publia ce travail dans les Archives (p. 451-458, 1898) sous le titre de « *Description d'un phénomène imitant les taches solaires* ».

Malgré l'intérêt que Lullin portait aux questions scientifiques et la façon dont il se tenait au courant par des lectures et des réflexions approfondies, il ne fut pas un hôte assidu de nos séances. D'un caractère très réservé, il ne se donnait pas en dehors du cercle de ses intimes. Après la mort d'Augustin de Candolle, il s'intéressa beaucoup au sort qui devait être réservé à l'Herbier et à la Bibliothèque des de Candolle. La solution adoptée et sa ratification par la Ville de Genève lui causèrent une vive satisfaction.

(*D'après les notes de M. F. Louis Perrot*).

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES.

Mathématiques, Physique mathématique.

M. D. MIRIMANOFF. La transformation de Lorentz-Einstein et le temps universel de M. Ed. Guillaume.

M. Rolin WAVRE. Développement d'une fonctionnelle dont l'argument est une fonction harmonique et son interprétation dans quelques problèmes de physique mathématique.

Mécanique appliquée.

M. G. TIERCY. Sur la transmission d'un effort tournant constant dans les mécanismes à ressort.

Le même. Sur les fusées en chronométrie.

Le même. Sur les courbes roulantes dans le problème de la fusée d'horlogerie.

Le même. A propos d'une définition de la simultanéité de deux phénomènes.

M. Fernand Turrettini. Etudes de graduations circulaires.

Physique.

MM. C.-E. GUYE et A. ROTHEN. Rotation de la décharge électrique dans les gaz sous l'action d'un champ magnétique.

M. A. SCHIDLOF. Sur l'emploi de la machine d'Atwood pour la démonstration expérimentale des principes de la dynamique.

Chimie.

M. Amé PICTET. Essais de synthèse de disaccharides.

Le même. Recherches sur l'amidon.

Botanique et Paléobotanique.

M. A. LENDNER. Le parasitisme du *Spinellus macrocarpus* Karsten.

M. H. A. R. LINDENBEIN. Une flore marine sapropélitique de l'Ordovicien de la Baltique.

Zoologie.

M. J. CARL. Un Orthoptère nouveau pour la Suisse.

M. R. CHODAT. La génétique dans un croisement de poules.

M. E. GUYÉNOT. A quel moment a lieu la réduction chromatique?

M. André NAVILLE. L'évolution des phénomènes de division nucléaire au cours du développement du muscle chez les Batraciens anoures. (Note préliminaire).

M. Arnold PICTET. Action du milieu et hérédité. (Expériences avec des Lépidoptères).

M. Arn. PICTET et M[lle] FERRERO. Recherches de génétique dans des croisements de Cobayes. (1[re] partie).

Les mêmes. Recherches de génétique dans des croisements de Cobayes (2[e] partie).

Les mêmes. Recherches de génétique dans des croisements de Cobayes. (3[e] partie).

Géologie.

MM. A. BUXTORF et L. W. COLLET. La Nappe de Morcles.

MM. Léon-W. COLLET et Ed. PARÉJAS. Stratigraphie du Sédimentaire autochtone de la Jungfrau. I. Bajocien, Bathonien, Callovien.

M. H. LAGOTALA. Première note sur la géologie de la Faucille (Jura français).

M. H. A. R. LINDENBEIN. La kuckersite. Etude d'un dépôt marin phytogène du Silurien inférieur de la Baltique. Genèse et caractère chimique.

MM. L. DUPARC et G. FAVRE. Sur la tectonique et le minerai de fer d'Aïn Babouche (Algérie).

M. Ed. PARÉJAS. La géologie du synclinal de Chamonix.

Le même. L'influence de la forme du rebord hercynien des Aiguilles Rouges Arpille sur la tectonique du synclinal de Chamonix.

Le même. Sur le Trias de la bordure nord-ouest de la zone de Chamonix.

Le même. Sur la tectonique du Mont-Joly (Haute-Savoie) et des régions voisines.

Minéralogie et Pétrographie.

M. Alb. BRUN. Sur les péridots collectionnés de 1900 à 1906 dans l'ile de Zeberget (Mer Rouge) et appartenant à M. Ch. Haccius, à Genève.

M. L. DUPARC. Sur l'origine de l'Epidote dans certains granites.

Météorologie et Astronomie.

M. Raoul GAUTIER. Eclipse partielle du soleil du 8 avril 1921.

Le même. 1921, une année météorologique exceptionnelle.

Physiologie.

MM. Fr. BATTELLI et L. STERN. Transformation de l'acide malique en acide fumarique par les tissus animaux.

Histologie.

M. A. C. F. D'ETERNOD. Les différentes instances des formations squelettiques.

Médecine.

M. Maurice ROCH. L'insuffisance hépatique et l'épreuve du salicylate de soude.

Philosophie scientifique.

M. Raoul PICTET. Essais de philosophie scientifique.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39. FASCICULE 7.

GÉOLOGIE
DE LA
ZONE DE CHAMONIX
COMPRISE ENTRE LE MONT-BLANC ET LES AIGUILLES ROUGES

PAR
Edouard PARÉJAS

PRÉFACE

La région étudiée dans le présent travail est comprise entre le massif du Mont-Blanc et celui des Aiguilles Rouges; elle s'arrête à Martigny (Valais) au NE et au Bon Nant, dans la vallée de Montjoie (Haute-Savoie), au SW. Nos levés ont été reportés sur les feuilles 526 (Martigny), 525 (Finhaut) et 525*bis* (Col de Balme) de l'Atlas Siegfried agrandies au 1 : 25.000, et sur les feuilles 160*ter* (Vallorcine), 160*bis* (Annecy) et 169*bis* (Albertville) de la carte française au 1 : 50.000. Nous avons utilisé aussi la belle carte des environs de Chamonix au 1 : 20.000 de H. et J. Vallot. Nous nous sommes servi de la toponymie des cartes officielles (Atlas Siegfried et Carte de l'Etat-Major au 1 : 80.000) et celle de la carte du massif du Mont-Blanc au 1 : 50.000 par Barbey-Imfeld Kurz. La nomenclature qui figure dans l'ouvrage de M. Ch. Vallot, « Le massif du Mont-Blanc, Paysages caractéristiques et documentaires, tome I », nous a rendu également quelques services.

Nous avons appelé Col des Tseppes (Vallée de Trient), la dépression située entre Carraye et le Point 2012. A l'Est des Tines (Vallée de Chamonix) au pied des pentes qui portent la Flégère, on connait sous le nom de « Les Rafforts » un rocher calcaire qui était exploité autrefois comme pierre à chaux. Les chalets édifiés au sommet de

l'abrupt qui domine la Villette (Vallée de Montjoie), portent le nom de « Sur le Scex ».

En présentant ces quelques résultats de mes levés géologiques sur la bordure nord du Mont-Blanc, je tiens à témoigner à mon cher maitre Monsieur le Professeur L. W. Collet, une profonde reconnaissance. En 1919, il a bien voulu m'introduire dans cette étude, puis la diriger et la faciliter de toutes façons. Enfin, je ne saurai oublier l'honneur qu'il m'a fait en m'appelant dans son Laboratoire et en m'associant à plusieurs de ses travaux. Je dois aussi des remerciements sincères à M. le Professeur M. Reinhard pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail et les précieux conseils qu'il m'a donnés. M. le Professeur E. Chaix et Messieurs Jullien m'ont autorisé à reproduire de superbes clichés; qu'ils reçoivent ici l'expression de ma gratitude.

Genève, Laboratoire de Géologie de l'Université.
Mai 1922.

EDOUARD PARÉJAS.

PREMIÈRE PARTIE

STRATIGRAPHIE

Au point de vue stratigraphique, il y a lieu de considérer, dans la zone mésozoïque de Chamonix, deux séries distinctes: 1° la série autochtone des Aiguilles Rouges; 2° la série parautochtone, formée des terrains déposés entre les Aiguilles Rouges et la bordure cristalline nord-occidentale du Mont Blanc actuel.

A. LA COUVERTURE AUTOCHTONE DES AIGUILLES ROUGES

Le Carbonifère et le Permien des Aiguilles Rouges faisant actuellement l'objet d'une étude de MM. Collet et Reinhard, nous nous limiterons dans cette description aux terrains secondaires et tertiaires. Soumise au paroxysme tertiaire du plissement alpin, la couverture mésozoïque des Aiguilles Rouges a été laminée ou même, en certains endroits, complètement râclée, en sorte que, sur la bordure S E de ce massif hercynien, il n'en subsiste que trois lambeaux: 1° entre la Tour de la Batiaz et le Sommet des Vignes, près de Martigny; 2° entre le Col de la Forclaz (Valais) et Montroc dans la vallée de Chamonix et 3° entre le Col de Voza et le hameau de la Gruvaz dans la vallée de Montjoie ou de St Gervais.

Trias.

Le Trias est peu représenté sur la bordure S E des Aiguilles Rouges, soit qu'il n'ait pas été déposé, soit qu'il ait été arraché avec toute la série autochtone. Nous n'en connaissons que deux affleurements: 1° entre Montroc et les Posettes; 2° entre le Col de Voza et la Gruvaz dans la vallée de St Gervais.

1. *Le Trias de Montroc et des Posettes.*

L'existence du Trias sur le versant N W de la vallée de Chamonix a été longtemps problématique. A. Favre dans la coupe détaillée des Posettes qu'il publia en 1859 (11) et qu'il rectifia et 1867 (12) donna comme triasiques les schistes rouges et verts et les grès du Permien. Il s'étonna de ne point trouver les cargneules dans

leur voisinage, mais il plaça à la base du Jurassique des grès micacés et des schistes argileux noirs plusieurs fois alternants. GERLACH (14) qui refit la coupe de FAVRE déclara n'avoir vu trace de Trias dans la région des Posettes. La bordure SE des Aiguilles Rouges semblait donc dépourvue de Trias dans la vallée de Chamonix quand nous avons pu identifier ce terrain dans deux coupes caractéristiques.

Dans la forêt de mélèzes, au dessus de Montroc, au Nord de l'entrée du tunnel des Montets, on voit, de haut en bas, la série renversée suivante :

1. Schistes verts et lie de vin du Verrucano. Permien.
2. Quartzite pélitique blanc, 1 m } Trias inférieur.
3. Argilites vertes écrasées, 0,80 - 1 m } Trias inférieur.
4. Argiles schisteuses noires (faciès des schistes à *Equisetum*), contenant d'abord de minces lits gréseux puis, à la partie supérieure, des bancs de calcaire dolomitique de plus en plus épais (de 1 à 10 cm). Epaisseur 2 m. Trias supérieur.
5. Argovien calcaire (Schiltkalk).

Si l'on monte du Tour dans la direction de la carrière des Posettes, un peu avant de parvenir à cette dernière et au sommet des pentes d'éboulis, on peut relever de haut en bas :

1. Grès et schistes rouges. Permien.
2. Conglomérat grossier à galets de quartz en concordance apparente avec le Permien. Puis, alternance d'argiles schisteuses noires (schistes à *Equisetum*) et de bancs gréseux de moins en moins grossiers. 10 m environ. (Trias supérieur).
3. Bajocien transgressif.

A Montroc, le Trias est complet, quoique fortement aminci ; il présente tous les termes que nous avons décrits, M. COLLET et moi au Belvédère des Aiguilles Rouges (7). Le Trias des Posettes par contre, est incomplet, il ne représente que le niveau des schistes à *Equisetum*, transgressif sur le Permien.

La présence, à la base du Trias, de conglomérats et de quartzites ne signifie pas qu'il s'agisse du Trias inférieur. Les éléments grossiers alternent stratigraphiquement avec les schistes à *Equisetum* du Trias supérieur. Celui-ci est transgressif, les couches de base ont l'âge de la transgression[1]. Il a dû se passer là, à une plus petite échelle, le phénomène constaté sur la bordure orientale et méridionale du massif central français (4), et notamment au sud de Brives où le Trias supérieur, transgressif sur le Permien débute par des grès grossiers et des conglomérats qui ne sont pas contemporains des grès vosgiens mais bien triasiques supérieurs.

Le fait de la transgression, puis le faciès alternativement grossier et argileux du

[1] Ceci rectifie ce que nous publiions récemment (33) à savoir que les conglomérats quartzeux des Posettes appartenaient au Trias inférieur.

Trias des Posettes, témoignent du voisinage d'un littoral, les lits de grès correspondant aux crues des cours d'eau tributaires. En effet, à un kilomètre plus au NE. dès l'Alpe de Balme et jusqu'aux Tseppes, le Trias manque stratigraphiquement.

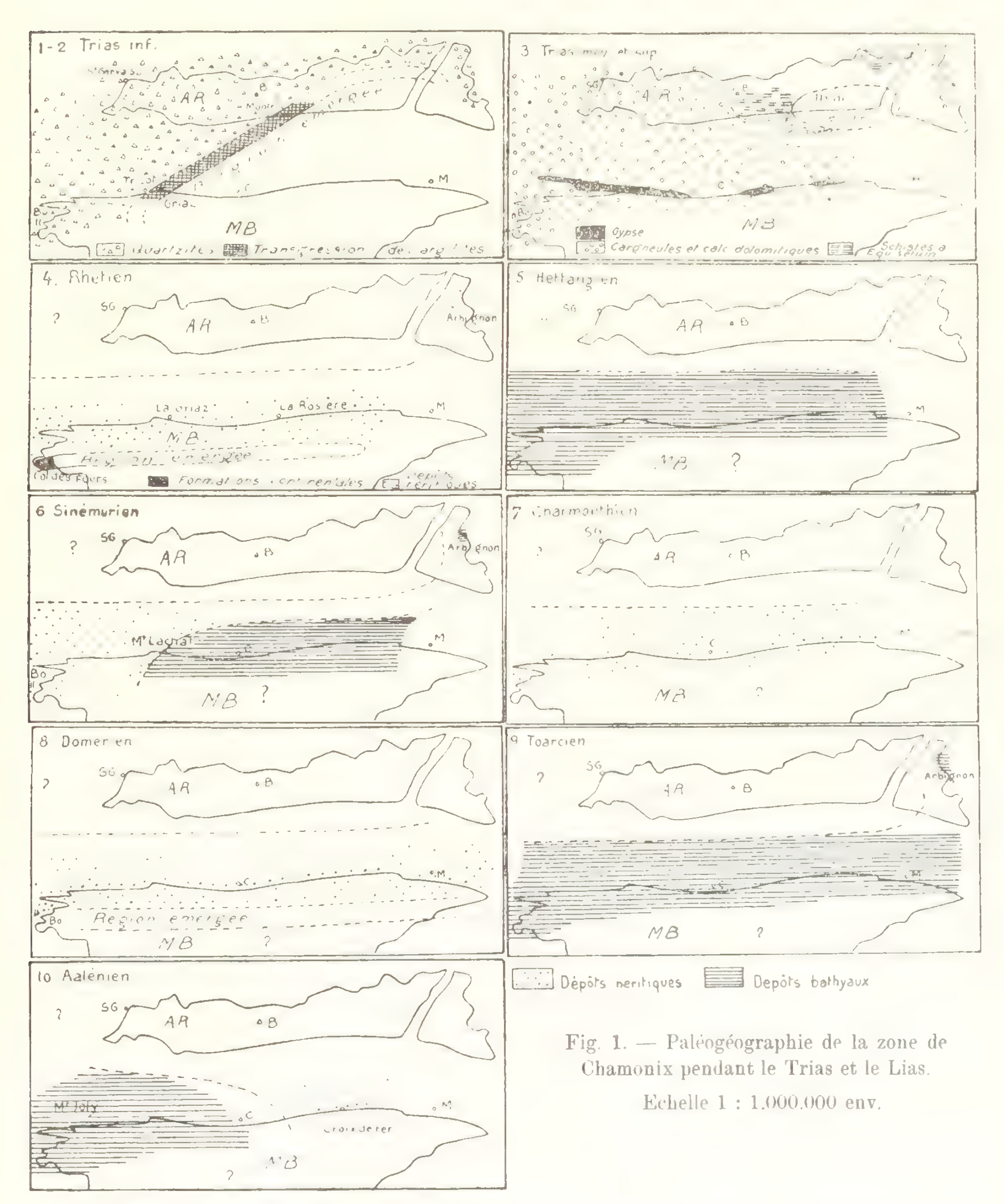


Fig. 1. — Paléogéographie de la zone de Chamonix pendant le Trias et le Lias.

Echelle 1 : 1.000.000 env.

AR, Aiguilles Rouges; MB, Mont-Blanc; B, Belvédère des Aiguilles Rouges; SG, Saint-Gervais; C, Chamonix; M, Martigny; Bo, Col du Bonhomme.

Pour tenir compte du plissement alpin, la région du Mont-Blanc a été déplacée d'une dizaine de kilomètres vers le S.-E. En réalité c'est au double de cet espace que correspond l'écrasement de la zone intermédiaire de Chamonix. Mais le caractère schématique des esquisses paleogéographiques nous a permis cette liberté de dessin qui n'ôte d'ailleurs rien à leur signification.

La région de Balme se trouvait donc sur la côte d'une de ces îles triasiques basses et allongées du géanticlinal helvétique, qui ont persisté pendant le Lias et que la transgression bajocienne a recouvertes très rapidement (fig. 1 n°s 1-3). Plus étendue au Trias inférieur et peut-être réunie à cette époque à la partie émergée du Mont-Blanc, l'île de Balme s'immerge en partie au Trias supérieur sous la mer envahissante des schistes à *Equisetum*. Les mêmes schistes terrigènes signalés au Col du Jorat par de Loys (19) et au Belvédère des Aiguilles Rouges par Collet et Paréjas (7) formaient avec ceux de Montroc et des Posettes comme une auréole autour de cette terre triasique émergée.

2. *Le Trias du Col de Voza et de la Gruvaz.*

Au S W du Col de Voza, la ligne du tramway du Mont-Blanc coupe en tranchée une puissante série triasique en repos sur le Carbonifère du Prarion. Du S W au N E, on observe le long de la voie :

1. Quartzites.
2. Argilites.
3. Calcaire dolomitique.
4. Cargneules.
5. Quartzites 10-15 m.
6. Calcaire dolomitique 10 m environ.
7. Calcaire dolomitique bréchiforme et calcaire dolomitique compact en alternance tectonique. 50 m environ.
8. Lias moyen.

Les termes 1 à 4 constituent une première série triasique peu épaisse, les couches 5 à 7, une seconde série plus épaisse. Cette duplication est peu favorable à une étude stratigraphique, aussi, franchissant le torrent de Bionnassay puis l'éperon du Champel, nous parvenons au nord de la Gruvaz dans un ravin que côtoie le sentier conduisant de la Villette aux chalets de « Sur le Scex ». Nous y observons de bas en haut :

1. Schistes chloriteux et séricitiques profondément altérés, rappelant le Verrucano (Permien ?).
2. Arkose, grossière à la base et contenant des nids de calcaire brun; les éléments de 2 cm de diamètre sont fréquents mais, vers le haut, s'intercalent des argilites vertes puis viennent des quartzites plaquetés. 15 m. Trias inférieur.
3. Cargneule bréchoïde et gréseuse à éléments schisteux, chloriteux. Les affleurements en sont visibles sur le versant gauche du ravin.

La présence d'une zone d'altération permienne sous les quartzites du Trias inférieur, est la règle dans la région de St-Gervais. Les schistes chloriteux

verts de la Gruvaz, que nous assimilons au Verrucano, après MICHEL-LÉVY (27) ou, à leur défaut, les micaschistes du substratum sont fortement décomposés et contiennent des inclusions d'un calcaire gréseux brun souvent spathique. Ces poches sont en tous points semblables à celles qui criblent les gneiss d'Erstfeld, à la Scheidnössli (16) et à celles de la zone d'altération des Aiguilles Rouges que M. COLLET a observées sous les quartzites triasiques de la région de Barberine. Tout porte à croire que, sur la pénéplaine permienne, les schistes cristallins ont été localement arénifiés à une profondeur considérable et que dans ce milieu ameubli, des dépôts lagunaires se sont infiltrés en poches, en nids irréguliers, qui ont cimenté à nouveau les décombres. Ainsi s'expliquerait le faciès souvent étrange de ces schistes cariés dont on devine encore la structure mais qui sont imprégnés d'un dépôt calcaire introduit à posteriori.

Sur ce milieu en décomposition, le Trias débute par un puissant complexe d'arkoses grossières à quartz roses, dont les éléments ont été fournis en abondance par la surface d'altération. Puis le grain devenant plus fin, on passe à des quartzites où des stratifications torrentielles sont visibles. Une intercalation d'argilites vers le haut (Gruvaz) et les quartzites reprennent. Au-dessus viennent des cargneules bréchoïdes polygéniques, des brèches et des calcaires dolomitiques. La note dominante de cette série est la puissance et la grossièreté du Trias inférieur. Quelle différence de style avec la série de Montroc et du Belvédère où les éléments fins sont bien représentés et où il n'y a trace de cargneules.

Dogger.

Le Lias manque stratigraphiquement à la couverture autochtone des Aiguilles Rouges dans la région de la Croix-de-Fer, à Montroc et au Belvédère. Il n'a pas été déposé ; le Bajocien (30) transgresse sur le Carbonifère aux Preises et aux Chalets de Balme et sur le Trias à Montroc et au Belvédère. Entre le Col de Voza et le Bon Nant, l'autochtone a été réduit au seul Trias par le charriage de la nappe de Morcles-Aravis. La question de savoir si le Lias a existé sur cette partie des Aiguilles Rouges ne peut donc que se poser.

Le Dogger des Preises.

Souvent interrompu par les éboulis et les dépôts glaciaires locaux, le Dogger autochtone peu épais se poursuit des abords du Col des Tseppes[1] à Montroc dans la vallée de Chamonix en passant par les Preises, la borne-frontière N° 7 et le NW de l'Alpe de Balme.

A 200 m au SE du Chalet des Preises, dans le ravin qui descend au N du

[1] Dépression située entre Treutse à l'Aille et Carraye au N de la Croix de Fer.

Pt 2066, on peut noter la coupe suivante au dessus des grès et des schistes ardoisiers carbonifères :

De bas en haut :

1. Calcaire échinodermique gris-foncé ; à la base, il est plus grossier et contient des grains de quartz détritiques et de rares et minuscules inclusions triasiques 1 m à 2 m 50.

2. Calcaire dur, compact, bleuté à la cassure, brun-jaune à la surface ; finement échinodermique et pyriteux. Il est souvent marqué de taches irrégulières plus claires, roses ou jaunes. 0,20 à 0,30 m.

Une série très semblable est visible à la même hauteur dans le ravin qui descend directement des chalets de Catogne.

Le niveau 1 est stérile et représente probablement le Bajocien inférieur. Le niveau 2 nous a fourni la faune suivante :

Stepheoceras Humphriesianum Sow.	5 ex.	Zone à *Emileia Sauzei.*
Garantia sp.	1 »	
Parkinsonia acris Wetzel	1 »	Zone à *Garantia Garanti.*
Parkinsonia Parkinsoni auct.	2 »	
Oppelia subradiata Sow.	1 »	
Lytoceras tripartitum Rasp.	1 »	Bathonien inf. ?
Phylloceras sp.	1 »	

Traces de Bélemnites et de *Cancellophycus.*

KILIAN et RÉVIL (18) citent d'après P. LORY, *Lytoceras tripartitum* à la base du Bathonien ou au sommet du Bajocien du bassin du Drac ; dans les Basses-Alpes, cette espèce est commune dans la zone à *Oppelia fusca.*

La faune des Preises se classe donc dans le Bajocien moyen et supérieur et probablement aussi dans le Bathonien inférieur. On ne peut s'empêcher de comparer à ce groupement faunistique ceux très semblables, des Cols Lombard et de Martignare au nord du massif du Pelvoux et celui de l'Alpe d'Arsine près de Villard d'Arène, cités également par KILIAN et RÉVIL (18) dans leur étude si complète des Alpes Occidentales. Par contre, au point de vue lithologique, on ne saurait assimiler le Dogger des Preises à celui de l'Oisans et de la Basse Maurienne où règne le faciès bathyal du géosynclinal dauphinois avec ses marno-calcaires foncés et ses calcaires noirs schisteux. Le Dogger autochtone de la Croix de Fer formé de calcaires échinodermiques, surmontés de couches zoogènes à Ammonites est franchement néritique ; c'est que nous nous trouvons ici dans la bordure nord-occidentale de la grande dépression des Alpes françaises. Il faudrait plutôt rechercher les homologies dans les calcaires spathiques de Corenc et de Bouquéron près de Grenoble, à l'extrême limite du faciès dauphinois vers l'ouest.

La présence de *Lytoceras* et de *Phylloceras* place la faune des Preises dans la province méditerranéenne, mais il est probable que ces deux genres sténothermes sont parvenus par flottage dans le milieu néritique qui les contient. La faible épaisseur de ce dépôt (0,20 à 0,30 m), qui représente plusieurs zones paléontologiques, témoigne d'une sédimentation extrêmement lente. Elle prouve aussi, comme d'ailleurs l'absence du niveau de l'oolithe ferrugineuse, qu'il n'y avait à cette époque aucune terre émergée dans le voisinage. Une émersion subséquente est probablement cause de l'absence de la plus grande partie du Bathonien.

Du côté suisse, le Jurassique moyen des Preises s'apparente nettement avec celui de la couverture des vieux massifs des Aiguilles Rouges, de Gastern et d'Erstfeld et notamment avec le Dogger que nous avons décrit avec M. Collet dans le soubassement de la Jungfrau (8).

Jurassique supérieur.

Le Callovien et l'Oxfordien semblent manquer au-dessus du Dogger, incomplet lui-même, ou tout au moins nous n'avons pas réussi à découvrir une faune de ces étages ni à reconnaître les faciès qui leur sont habituels.

Argovien.

Dans le soubassement autochtone de la Croix de Fer et dans la vallée de Chamonix jusqu'à Montroc, au-dessus du Dogger, nous avons partout constaté une série de calcaires représentant les deux termes de l'Argovien helvétique.

A la base, des calcaires grossiers, grumeleux, subconglomératiques, tachetés de jaune par des inclusions d'ankérite, répondent au signalement du Schiltkalk. Ce niveau qui surmonte directement le Dogger paraît transgressif. C'est l'Argovien calcaire dont l'épaisseur très faible, varie de 0,50 à 1 m. Au-dessus, l'Argovien schisteux (Schiltschiefer), épais de 30 m en moyenne, comprend des calcaires schisteux, parfois légèrement grumeleux, bleuâtres à la cassure, argentés ou blanchâtres sur le lit, et de toucher farineux.

Il est intéressant de paralléliser ici quelques épaisseurs de l'Argovien du géanticlinal helvétique.

	Vättis (M. Blumenthal et Tolwinski)	Vallée de la Reuss (W. Staub)	Synclinal de Fernigen (A. Heim)	Autocht. de la Croix de Fer (Ed. Paréjas)
Argovien schisteux (Schiltschiefer)	1-50 m	20-30 m	10 - 20 m	30 m. moy.
Argovien calcaire (Schiltkalk)	1-3 m	0,50 - 1 m	0,25 - 1 m	0,50 - 1 m

Il est frappant de constater combien, pendant l'Argovien, les conditions de sédimentation ont été semblables sur le géanticlinal helvétique entre le Rhin et la vallée de Chamonix.

Malm.

Au-dessus des schistes de l'Argovien, les calcaires du Malm, forment des abrupts sur le versant de la Croix de Fer qui descend vers les Jeurs et le Châtelard; ils se traduisent par ces longues traînées d'une blancheur inusitée qui traversent les pâturages des Preises, de Catogne et de Balme.

Le Malm de la Croix de Fer est rarement compact mais plaqueté par la pression subie; c'est un calcaire bleu foncé à cassure conchoïdale ou esquilleuse.

Comme généralement le Jurassique supérieur autochtone a été fortement étiré ou empilé en lames superposées, l'évaluation de la puissance du Malm est difficile. Une moyenne de 100 m peut être admise. Le faciès, comme l'épaisseur, varie aussi en raison de l'effort tectonique éprouvé. Dans les zones disloquées, le Malm se marmorise, sa couleur s'éclaircit et passe au gris-pâle.

Portlandien.

Dans le ravin des Preises et dans celui de Catogne que côtoie le sentier conduisant de l'alpage des Preises aux Chalets de Catogne, on remarque que le Malm passe à un complexe de marnocalcaires très schisteux, blanchâtres, contenant des intercalations de bancs plus durs, épais de 20 à 50 cm et des calcaires échinodermiques. L'aspect de ces couches rappelant celui du Portlandien autochtone de Saint-Maurice, nous les attribuons, avec réserve, à cet étage.

Crétacé.

1. *Crétacé des Preises.*

Dans le ravin des Preises, le Jurassique supérieur est surmonté par une vingtaine de mètres de calcaires compacts foncés à cassure conchoïdale mais de toucher légèrement farineux. Au-dessus viennent les formations que nous assimilons au Sidérolithique éocène. Il faudrait en conclure que ces calcaires foncés représentent le Berriasien, si l'absence de faune et l'état d'écrasement de la roche ne laissaient planer un doute qu'il sera difficile de dissiper. Lugeon et Oulianoff (26) attribuent au Crétacique une série de schistes noirs au haut desquels apparaissent des bancs isolés de calcaires oolithiques surmontés par des calcaires en plaquettes. Cette série se termine, d'après ces auteurs, par un complexe rappelant l'Aptien sidérolithisé des Alpes vaudoises. Nous ne pouvons nous rallier à cette dernière opinion

en l'absence des termes intermédiaires du Barrémien et de l'Hauterivien par exemple, dont nous n'avons trouvé nulle trace.

Dans le soubassement de la Croix de Fer, il s'agit bien de la couverture autochtone des Aiguilles Rouges que l'abrasion éocène a trouvée incurvée en voûte au-dessus du bombement de ce massif. On sait en effet que la transgression nummulitique recoupe des terrains de plus en plus jeunes si l'on s'éloigne vers le NW à partir de la région axiale des Aiguilles Rouges; il devait en être de même vers le SE. Or, la région de la Croix-de-Fer est proche de la culmination du rebord hercynien; il est peu probable que l'Aptien ait été ménagé en ce point. L'Aptien est sidérolithisé, il est vrai, dans la nappe de Morcles mais cette dernière s'enracine dans la zone plus interne de Chamonix, donc au SE des Preises; il n'y a rien d'étonnant à ce que là, l'abrasion éocène l'ait atteint. Le Crétacé du soubassement de la Croix de Fer, si notre supposition est juste, doit être limité au Berrias.

2. *Crétacé autochtone de la Bâtiaz.*

(Voir pl. 7, coupe 1.)

Dans la plus grande des deux carrières de la Bâtiaz on exploite des calcaires phylliteux gris-verdâtres et des calcaires marmorisés contenant des lentilles minuscules d'un marbre vert et rouge qui est très semblable au marbre bigarré de Grindelwald et aux dépôts analogues visibles dans le soubassement du Mönch et de la Jungfrau. Il s'agit là de formations sidérolithiques infravalanginiennes. Or, on sait qu'à Saint-Maurice le Valanginien échinodermique transgresse sur un Berriasien raviné, surmonté de dépôts sidérolithiques. Il est probable que ce phénomène s'est produit aussi sur le versant SE des Aiguilles Rouges. C'est donc avec une certaine vraisemblance que nous pouvons attribuer les niveaux 4, 5 et 6, d'une épaisseur totale de 17 m à l'Infravalanginien.

Tertiaire.

La seule région où nous ayons reconnu ce terrain avec quelque certitude dans l'autochtone des Aiguilles Rouges est encore le soubassement NW de la Croix de Fer (voir coupe de la Croix de Fer, p. 405 et pl. 7, coupe 3). LUGEON et OULIANOFF (26) signalent au-dessus d'une couche siliceuse verdâtre et de calcaires sidérolithisés dont ils font de l'Aptien, un complexe de schistes terreux roses ou gris et des calcaires qui pourraient être nummulitiques. Cette formation locale, visible sous le sommet de Carraye, cesserait vers le SW d'après ces auteurs. En réalité, elle se poursuit dans cette direction comme nous allons le voir. Les divers éléments de la coupe des Preises à Catogne, relativement bien conservés dans un ensellement du rebord hercynien, sont soumis à un écrasement si intense en arrivant au col des

Tseppes, que les faciès en deviennent méconnaissables. Toutefois les formations sidérolithiques tertiaires y sont bien caractérisées. Sur le versant des Tseppes de la Pointe de Carraye, une masse de calcaires éboulés montre des poches emplies de bolus, des oolithes et des grès ferrugineux. Ce minerai, exploité il y a plusieurs siècles, étaient fondu en aval du village de Trient au lieu dit « La Ferrère » ; on y trouve encore des talus de scories. La destruction des forêts qu'on employait comme combustible, dit la tradition, arrêta l'exploitation.

Pour se faire une idée plus exacte des formations tertiaires autochtones, reprenons la coupe du ravin de Catogne. Au sommet du niveau dont nous avons fait du Berrias probable, on retrouve sous forme de grès ferrugineux, en traînées, épaisses de quelques centimètres, le Sidérolithique éocène des Preises, puis les calcaires siliceux verdâtres qui sont aptiens pour LUGEON et OULIANOFF et que nous considérons comme du Nummulitique inférieur. Au-dessus, vient une quarantaine de mètres de marnes schisteuses noirâtres qui contiennent des calcaires lités, charbonneux, parfaitement semblables aux couches à charbon priaboniennes que nous avons trouvées, M. COLLET et moi, dans la base de l'Eiger (Station Eigergletscher) et du Mönch (Katzentiefe.)

Paléogéographie de la bordure méridionale des Aiguilles Rouges.

Au Trias inférieur, la mer envahit les Aiguilles Rouges, transformées en une pénéplaine, à l'exception d'une terre qui subsiste dans la région de Balme. Le littoral de cette île se trouve aux environs de Montroc.

Au Trias supérieur, le pays s'affaisse légèrement. Les schistes à *Equisetum* transgressent vers le NE et la côte de l'île de Balme recule jusqu'aux Posettes.

Pendant le Lias, des surfaces considérables s'exondent de nouveau; ce terrain manque dans le soubassement de la Croix de Fer et au Belvédère. Mais la transgression bajocienne submerge rapidement toutes les terres émergées. La mer, qui reste peu profonde jusqu'au Bathonien, se retire (lacune du Bathonien supérieur, de l'Oxfordien et du Callovien) jusqu'à l'Argovien inférieur, où se déposent des calcaires grumeleux subconglomératiques. Elle subsiste et s'approfondit pendant le Malm et le Berriasien. Mais une exondation courte s'est probablement faite avant le Valanginien puis jusqu'à l'Eocène, l'altération des faciès ne nous permet pas de préciser davantage. Tout au plus peut-on reconnaître, après les formations sidérolithiques éocènes, le retour de la mer avec les calcaires priaboniens.

B. LES TERRAINS PARAUTOCHTONES

Nous étudierons sous ce titre, les sédiments mésozoïques déposés au SE des Aiguilles Rouges, entre cette chaîne et le Mont-Blanc puis ceux de la bordure NW de ce dernier massif, entre Martigny (Valais), et les Contamines (Vallée de Montjoie, Haute Savoie).

Nous avons montré dans une publication récente (31) que le « Synclinal de Chamonix » des auteurs est une zone complexe qui, en plus de la couverture sédimentaire des Aiguilles Rouges, déjà décrite, comprend au moins trois plis anticlinaux déjetés vers le NW et désignés, de l'extérieur à l'intérieur, par les lettres A, B, C. L'élément A, formé des terrains déposés dans une région proche des Aiguilles Rouges, chevauche la couverture autochtone de celles-ci; le pli B est médian et les terrains qui ont alimenté le pli C se sont déposés au voisinage du Mont-Blanc; ce pli C n'est séparé de ce massif cristallin que par la couverture de ce dernier; nous désignerons cette série, la plus interne de la zone de Chamonix, sous le nom de série de bordure. Comme les faciès varient dans les deux sens, longitudinalement du NE au SW et transversalement, du Mont-Blanc aux Aiguilles Rouges, les trois éléments tectoniques et la bordure nous fourniront un excellent canevas paléogéographique.

Trias.

Le Trias repose partout en concordance apparente sur les schistes cristallins du Mont-Blanc. Par analogie avec le Trias des Aiguilles Rouges et de la zone helvétique, nous attribuons au Trias inférieur les quartzites et les argilites qui les surmontent, et au Trias moyen et supérieur, les cargneules, les gypses et les calcaires dolomitiques du sommet de la série. Examinons quelques coupes caractéristiques du Trias de la bordure du Mont-Blanc.

I. *Trias du versant SW du Col de Tricot.*

A environ 120 m au-dessous du Col, sur le versant de Miage, le Trias, renversé de 50° sous les micaschistes du Mont-Blanc, se présente comme suit de haut en bas:

1. Micaschistes.
2. Quartzite psammitique verdâtre 3 m.
3. Argilites vertes 1 m.
4. Alternances de lits de quartzites et d'argilites 10 m environ.
5. Argilites vertes 1 m.
6. Quartzite pélitique calcifère, blanc tacheté de brun 4 m.
7. Argilites noires 4 m.

8. Cargneule bréchoïde 10 m environ.

Le Trias inférieur est bien représenté dans cette localité; il se distingue par sa puissance et l'abondance des quartzites.

II. *Trias du Col de Tricot.*

On peut relever dans cette dépression la coupe suivante à partir du Cristallin.

1. Schistes cristallins du Mont-Blanc.
2. Zone d'écrasement 0,50 m.
3. Quartzites laminés 1 m.
4. Alternances de lits de quartzites et d'argilites vert-jaunâtres 1,20 m.
5. Calcaire dolomitique brun chocolat 1 m.
6. Argilites noires et vertes avec des intercalations de lits gréseux au sommet 3 m.
7. Calcaire dolomitique brun chocolat, écrasé, 0,50 m.
8. Cargneule bréchoïde (éléments : argilites et calcaire dolomitique) 5 m.
9. Cargneule gréseuse à grain fin en bancs de 20 à 30 cm séparés par des lits bréchoïdes 2 m.
10. Cargneule bréchoïde grossière, formant une tête rocheuse surmontée d'une croix, 1,50 m. Cette cargneule passe à
11. Calcaire dolmitique grumeleux, vacuolaire 2 m.
12. Cargneule bréchoïde grossière (éléments : calcaire dolomitique).
13. Eboulis du Col de Tricot.

Cette série diffère de la précédente par son caractère moins grossier. Les quartzites malgré le laminage qu'ils ont subi sont beaucoup moins puissants; le niveau N° 6 de la coupe précédente ne se retrouve pas ici. Les calcaires dolomitiques en outre apparaissent plus tôt dans cette localité.

III. *Trias de la Griaz.*

Si des Houches on remonte le ravin profond de la Griaz, à mi-distance entre les barrages des Arandelys et le Col du Mont Lachat, on peut relever sur la rive droite la série renversée suivante :

De haut en bas :

1. Schistes micacés séricitiques du Mont-Blanc.
2. Argilites noires 4 m.
3. Alternances de lits de brèches à éléments de calcaire dolomitique avec des cargneules gréseuses 15 m.
4. Calcaire dolomitique.
5. Gypse saccharoïde 20 m.

6. Cargneule bréchoïde (éléments : calc. dol. et gypse) 1-2 m.

7. Calcaire dolomitique, bréchoïde au sommet sur 50 cm. Total 2 m.

8. Schistes blanc-jaunâtres sériciteux (Schistes dorés) 0,10 m.

9. Calcaire dolomitique à surface ravinée 0,20 m.

10. Rhétien. Calcaire siliceux gris subquartzitique.

Cette coupe montre d'abord l'absence des quartzites du Trias inférieur puis, fait important, la série triasique débute par le niveau des argilites noires signalées dans la région de Tricot (N° 7 coupe I et N° 6 coupe II). Il semble que cette région émergeait lorsque se déposaient les quartzites de Tricot puis que la mer des argilites noires a gagné vers le NE sur un pays plat qui s'affaissait. On peut aussi relever la zone épaisse de gypse (N° 5) qui manque à la bordure du Mont-Blanc entre le ravin de la Griaz et les Contamines.

IV. *Trias de la vallée de Chamonix.*

A la hauteur du village du Tour, sur la rive gauche du torrent issu du glacier du Tour, on voit de haut en bas, la série renversée suivante :

1. Porphyres gneissiques du Mont-Blanc.

2. Cargneule bréchoïde (éléments : calc. dol. et gypse) 10 m environ.

3. Gypse saccharoïde contenant à la partie supérieure des intercalations régulières de banc argileux gris 15 m.

4. Calcaire dolomitique 3-4 m.

5. Lias inférieur. Marnes schisteuses noires à pyrites.

Cette coupe qui résume la plupart de celles qu'on peut faire entre les Houches et le Col de la Forclaz près de Trient, montre à la base des cargneules. La mer des argilites ne semble donc pas avoir dépassé au N la région des Houches. La partie NE de la zone de Chamonix ne s'est immergée qu'au Trias moyen et les dépôts qu'elle porte sont essentiellement lagunaires (fig. 1, n°s 1-3).

Si l'on suit la bordure du Mont-Blanc des Contamines à la Forclaz de Trient, on constate que le Trias perd ses quartzites de base à partir du Col de Tricot; au-delà de la Griaz il est dépourvu du niveau des argilites et se trouve dès lors réduit aux termes supérieurs lagunaires. L'envahissement progressif par la mer s'est fait apparemment de l'W à l'E.

Les dépôts triasiques de la zone de Chamonix

1. Les quartzites.

D'après Duparc et Mrazec (10) « les quartzites paraissent représenter le terme le plus constant » du Trias. Or, on l'a vu, entre Martigny et les Contamines, ce niveau est limité à la seule région du Col de Tricot-Miage.

Les éléments des quartzites de Tricot sont allochtones; ils proviennent de régions émergées plus ou moins éloignées; nous n'avons pas réussi jusqu'ici à trouver dans leur soubassement cristallin une zone d'altération. Sur les Aiguilles Rouges, par contre, les quartzites de base se sont en général formés *in situ*, aux dépens de leur substratum profondément arénifié. Leur puissance est relativement faible, 1 à 3 m, alors que des épaisseurs de 10 à 15 m sont fréquentes sur les Aiguilles Rouges.

2. *Les argilites.*

Le niveau des argilites est constitué par des schistes argileux verts ou noirs qui contiennent parfois des lits gréseux ou bien alternent avec les quartzites. Les argilites noires surmontent les vertes dans la règle. Il est à noter que dans la région étudiée nous n'avons pas rencontré les argilites rouges qui sont fréquentes dans le Trias des Aiguilles Rouges-Gastern. Faut-il attribuer cette lacune à l'absence sur le Mont-Blanc des schistes lie de vin du Permien auxquels les argilites rouges auraient emprunté leur fer et leur coloration? Nous n'avons en outre jamais relevé des ripple-marks; mais leur disparition pourrait être expliquée par le laminage intense, exercé sur les sédiments par le plissement alpin.

Leur épaisseur varie de 4 m dans le ravin de la Griaz à 10 m environ sur le versant SW du Col de Tricot.

3. *Les cargneules.*

La plupart des auteurs considèrent la cargneule triasique comme le résultat d'une dissolution partielle du calcaire dolomitique, dissolution qui lui aurait donné une texture vacuolaire. TERMIER (43) et COLLET (6) l'envisagent comme un sédiment détritique, une brèche partiellement dissoute. Collet a prouvé le bien-fondé de son opinion en montrant le caractère polygénique de certaines cargneules bréchoïdes alpines.

Nos observations dans la zone de Chamonix et sur la bordure des Aiguilles Rouges où les cargneules sont bien développées, nous ont permis de compléter ces définitions et de serrer la question de plus près. Nous avons trouvé en effet des cargneules de types lithologiques variés qui peuvent trouver place dans les trois catégories de roches détritiques de Haug.

a) Cargneules pséphitiques. Nous rangeons dans cette classe les cargneules bréchoïdes et conglomératiques, polygéniques ou non.

b) Cargneules psammitiques représentées par les cargneules gréseuses plus ou moins grossières, polygéniques ou non, les cargneules sableuses siliceuses.

c) Cargneules pélitiques auxquelles nous rapportons les cargneules à grain fin et les cargneules marneuses.

a. Les cargneules bréchoïdes polygéniques sont les plus fréquentes. Elles con-

tiennent souvent de très gros éléments. Nous avons mesuré des galets de calcaire dolomitique de 80 cm de longueur dans le Nant de Molliez (Vallée de Montjoie), un fragment d'argilite verte de 17 cm dans le Nant du Tarchet près de Saint-Gervais et des quartz blancs de 10 à 20 cm. On rencontre fréquemment aussi des galets de gypse, de quartzites (La Rosière, Grassonay), de schistes verts sériciteux et de gneiss variés.

b. Les cargneules gréseuses sont abondantes sur le versant gauche de la vallée de Chamonix entre Argentière et Les Tines.

c. Les cargneules marneuses sont onctueuses au toucher, un peu micacées et sont généralement incluses en lentilles dans les cargneules gréseuses.

Les différents types passent les uns aux autres latéralement et verticalement et la cargneule peut passer à son tour au calcaire dolomitique (Col de Tricot).

Voici les faits d'observation ; les conclusions sont faciles à tirer. La cargneule n'est pas un résidu de dissolution, car on ne peut considérer comme tel une roche qui contient des galets de gypse (Grassonay) ou d'autres éléments très solubles. Ce n'est pas non plus le résultat d'une lixiviation des calcaires dolomitiques car, en plus du calcaire, il entre dans la constitution des cargneules bréchoïdes et gréseuses des gypses, des quartz, des argilites, des quartzites, des schistes sériciteux et des gneiss variés.

Mais la cargneule n'est pas uniquement une brèche. Elle présente toutes les textures, des plus fines aux plus grossières.

Le caractère souvent vacuolaire de cette roche doit être considéré comme secondaire car les vides sont dus à la corrosion par les agents atmosphériques.

Ils sont localisés à la surface corrodée ou dans les parties voisines de cette surface. Hors des atteintes des dissolvants, la cargneule est parfaitement compacte. Le volume total des vacuoles d'une cargneule dépendra de la grosseur de ses éléments constitutifs et de leur solubilité.

La cargneule n'est pas un tuf calcaire ancien. La continuité et l'extension de ce dépôt, sa stratification parfois, sa texture exempte de concrétions primaires, son faciès, en un mot, excluent cette possibilité. Ce n'est pas non plus un tuf récent, car en plus des raisons précédemment énoncées, les cargneules sont souvent plissées et charriées, elles forment des couches géologiques; elles affleurent parfois au pied de pentes qui ne contiennent trace de carbonate de chaux. Il se présente, il est vrai, des cas où le diagnostic est peu aisé, mais la difficulté ne résiste pas à un examen attentif.

Nos observations nous ont conduit à considérer les cargneules triasiques comme des sédiments détritiques magnésiens déposés en milieu lagunaire. Elles sont formées d'éléments grossiers, moyens ou fins. Leur couleur varie du jaune très pâle à l'orangé. La région superficielle des cargneules pséphitiques surtout

peut prendre, lorsqu'elle est corrodée, une texture vacuolaire par la dissolution d'une partie des éléments constitutifs. Le terme de cargneule est générique, il doit être complété dans chaque cas, quand il s'agit d'établir une diagnose lithologique précise. En effet, ce terme, pas plus que celui de mollasse qui désigne les dépôts néogènes subalpins, ne correspond à un type de sédiment nettement défini.

4. *Les gypses.*

Les gypses de la zone de Chamonix à texture fine ou saccharoïde, blancs ou plus rarement jaunâtres ou verdâtres témoignent d'une sédimentation lagunaire franche. Ils sont stratifiés et contiennent souvent comme au Tour et dans le Nant de la Griaz des intercalations régulières de zones argileuses, indice d'un régime caspien avec apport périodique de troubles. Leur épaisseur peut atteindre 30 m. Ils ne forment qu'un niveau unique dans la série triasique et sont généralement surmontés par des cargneules. Les principaux affleurements de gypse se voient en amont des Granges près des Contamines, à la montée des Chalets de Miage à l'Alpe de Truc, dans le Nant de la Griaz, en pointements sporadiques dans les forêts entre le torrent de la Griaz et celui du Bourgeat, au pied de la Montagne de Taconnaz et de la Montagne de la Côte, près du Tour, sur le versant gauche de la vallée, dans le Nant Noir près des Herbagères, enfin au SE du Col de la Forclaz. Les gypses paraissent limités à la bordure du Mont-Blanc entre le Col de la Forclaz et la Griaz; de là ils passent au cœur des plis internes.

5. *Les calcaires dolomitiques.*

Les calcaires dolomitiques sont, avec les cargneules, le niveau le plus fréquemment représenté. Ordinairement compacts, à grain fin, gris ou blancs, ils peuvent prendre un aspect vacuolaire comme au Col de Tricot. Ils alternent irrégulièrement avec les cargneules et les gypses mais c'est généralement par un banc de calcaire dolomitique que se termine le Trias. Les calcaires 5 et 7 de la coupe I du Col de Tricot, à patine brun chocolat rappellent les « dolomies capucin » de l'extrémité SW du Mont-Blanc.

Soumis à une friction intense sur les plans de chevauchement, ils se métamorphosent et donnent des marbres compacts, satinés, souvent rosés ou jaunâtres (La Forclaz et ravin du Lavanchi).

Lias inférieur.

Rhétien.

Dans le ravin de la Griaz, entre le Trias supérieur et l'Hettangien, se montre un complexe de sédiments grossiers que, par analogie avec les dépôts rhétiens du

Col des Fours et du Col du Joly, nous assimilons à cet étage (fig. 1, n° 4). Le Trias renversé se termine par un banc peu épais de calcaire dolomitique raviné.
Au-dessous, on voit de haut en bas :

1. Calcaire siliceux gris subquartzitique contenant des galets arrondis de calcaire dolomitique 0,60 m.
2. Calcaire gréseux plaqueté devenant marneux 0,60 m.
3. Marnes noires rouillées 0,40 m.
4. Calcaires gréseux noirs, durs devenant quartzitiques, avec intercalations de minces lits de schistes argileux noirs 6 m.
5. Marnes schisteuses noires (Hettangien).

Ce Rhétien est nettement transgressif mais la fraîcheur du calcaire dolomitique qui lui sert de base, montre que l'émersion a été de courte durée. Plus au NE, à la Rosière, près d'Argentière, on peut noter au-dessous du Trias renversé de la bordure du Mont-Blanc :

1. Argiles noires rouillées, 2 m.
2. Calcaire siliceux gris, subquartzitique, plus de 2 m. Eboulis, quelques m.
3. Calcaire noir avec minces pellicules marneuses.
4. Argiles noires rouillées, 1 m.
5. Quartzites gris écrasés, 2,50 m.
6. Calcaire gréseux gris-bleu, quelques cm.
7. Marnes schisteuses noires (Hettangien).

La parenté entre cette série et celle du Nant de la Griaz est frappante ; les faciès sont identiques dans les deux localités. Il est fort probable qu'il s'agit là encore du Rhétien.

Dans la région SW du massif, au Col des Fours, sur la carapace du Mont-Blanc, le Rhétien épais comporte des conglomérats surmontés par des formations sidérolithiques[1]. Nous concluons de ces faits, qu'au Rhétien, le Mont-Blanc était représenté par un bombement dirigé du SW au NE qui s'est exondé progressivement ; la région culminante étant restée plus longtemps hors de l'eau que la bordure, ainsi s'explique encore une fois l'état de fraîcheur des calcaires dolomitiques ravinés de la Griaz. A la Rosière, le Rhétien détritique prouve aussi l'existence plus au sud, d'une terre émergée. Et comme au nord, dans la région de l'Aiguillette de Vallorcine, le Trias et le Lias manquent sur les Aiguilles Rouges, comme au Belvédère le Lias n'a pas été déposé, un sillon se marquait au Rhétien entre le bombement du Mont-Blanc et celui des Aiguilles Rouges. C'est le premier indice de l'individualisation de la zone de Chamonix, qui jouera pendant le Lias le rôle

[1] Ce faciès sidérolithique a été observé par M. Collet et moi-même au cours d'une excursion académique en juin 1921.

d'un petit géosynclinal. C'est la première fois également que le Mont-Blanc s'affirme comme unité tectonique.

Hettangien.

L'Hettangien est représenté partout par des marnes schisteuses noires, pyriteuses ou, plus rarement, par des calcaires marneux ou des argiles noires. Nous avons recueilli une faune assez restreinte mais caractéristique dans les localités suivantes:

Ravin de la Griaz (Bordure):	*Schlotheimia angulata* Schl. 3 ex.
	» *Charmassei* d'Orb. 1 ex.
Mont Lachat (Versant N Pli C):	» *angulata* Schl. 4 ex.
Col de Tricot (Pli C) :	*Caloceras sp.* 1 ex.
	Schlotheimia angulata Schl. 4 ex.
	» *Charmassei* d'Orb. 3 ex.
	Rhynchonella Deffneri Opp. 1 ex.

Tous ces fossiles sont pyriteux.

La zone à *Alsatites laqueus* est probablement indiquée par l'exemplaire de *Calcoceras* mais la plus grande partie de la faune se range dans la zone à *Schlotheimia angulata.*

1. *Répartition des faciès.*

Région NE. En raison de l'absence de fossiles il n'est pas possible de séparer l'Hettangien du Sinémurien entre le Col de la Forclaz et les Houches. Les marnes schisteuses noires prédominent dans cette région; mais notons que dans le ravin de la Chenalette (Versant N de la Croix de Fer, pli B) le faciès est argileux, et qu'au Col de Balme (bordure), des marno-calcaires plaquetés sont à la base du Lias.

Région SW (fig. 1 n° 5). A partir de la Griaz vers le SW, l'Hettangien se différencie paléontologiquement mais le faciès reste vaseux. Partout ce sont des marnes schisteuses noires sauf au Col de Tricot (Pli C) où des calcaires marneux gris, plaquetés représentent l'Hettangien.

L'épaisseur de ce terrain ne paraît pas dépasser 30 m. Ritter (38, p. 96) fait débuter la série liasique par un horizon de peu d'épaisseur de schistes noirs qui, dit-il, se trouve localisé à l'extrémité méridionale du Mont Blanc. Mais comme nous venons de le voir, les schistes de l'Hettangien sont la règle sur toute la bordure NW du Mont Blanc.

Remarquons à ce propos que la subdivision du Lias dauphinois en un Lias calcaire inférieur et un Lias schisteux supérieur, se trouve ici en défaut. On verra cet inconvénient se reproduire pour une partie du Sinémurien. Comme, en l'absence des

fossiles, on peut facilement confondre le Toarcien et l'Hettangien, une tectonique basée uniquement sur les caractères lithologiques risque fort d'être inexacte.

2. *Paléogéographie.*

L'Hettangien correspond dans la zone de Chamonix à un régime bathyal. Toute la région s'est affaissée rapidement à partir du Rhétien. Un premier maximum liasique de profondeur est atteint pendant l'Hettangien, qui uniformise, tous les dépôts dans le faciès vaseux bathyal.

SINÉMURIEN.

Cet étage est représenté par des marnes schisteuses, des marnocalcaires ou des calcaires échinodermiques qui nous ont fourni la faune suivante :

Ravin de la Griaz (Bordure) : *Arietites (Coroniceras) cf. rotiformis* d'Orb. 1 ex.

Pecten sp. 1 ex.

Mont Lachat (versant N, Pli C) : *Arietites (Coroniceras) cf. rotiformis* d'Orb. 1 ex.

Arietites (Coroniceras) cf. Bucklandi Sow. 5 ex.

Waldheimia cor Lam. 1 ex.

Chalets de Miage (Pli C) : *Arietites (Arnioceras) ceras* Giebel 1 ex.

Ces fossiles caractérisent la zone à *Arietites Bucklandi*. Les *Chondrites* sont fréquents dans la partie supérieure de l'étage.

1. *Répartition des faciès.*

Comme il a été dit, l'Hettangien et le Sinémurien ne sont pas séparables dans la partie NE de la zone de Chamonix où le Lias inférieur est uniformément vaseux (fig. 2). A partir des Houches, vers le SW le Sinémurien devient plus calcaire. Au Mont Lachat, les *Arietites* se trouvent encore dans des marnes schisteuses noires, mais à Miage, déjà, ils sont inclus dans des calcaires plus ou moins marneux, même faiblement échinodermiques. Au Mont Joly, le Sinémurien est représenté par des calcaires bleus, un peu spathiques (fig. 3).

L'épaisseur du Sinémurien, très écrasé dans la zone de Chamonix, est difficile à déterminer ; elle doit certainement atteindre de 80 à 100 m dans la vallée de Montjoie.

2. *Paléogéographie.*

Au Sinémurien, les grands fonds subsistent au NE de la zone de Chamonix (fig. 1, n° 6) ; à partir des Houches, les calcaires prennent la place des marnes, ils

9. Schistes argilogréseux à nodules. **Aalénien.**

8. Argiles schisteuses noires, brillantes. **Toarcien.**

7. Calcaire noir à grain fin et marnocalcaires charbonneux.

6. Calcaires échinodermiques.

5. Calcaires siliceux et quartzites.

4. Calcaires échinodermiques grossiers.

(6–4: **Domérien.**)

3. Calcaires finement échinodermiques zonés. **Charmouthien.**

2. Marnes schisteuses noires. **Lias inférieur.**

1. **Rhétien.**

Fig. 2. — Coupe du Lias dans la région de Trient-Argentière. Echelle 1 : 2600 env.

13. Argiles schisteuses à nodules (Mont d'Arbois). **Aalénien.**

12. Argileuses schisteuses.

11. Calcaire marnogréseux.

10. Argiles schisteuses à *Posidonomya Bronni.*

(12–10: Toarcien.)

9. Calcaire noir à grain fin et marnocalcaires charbonneux.

8. Calcaires échinodermiques.

7. Calcaires siliceux et quartzites.

6. Calcaires échinodermiques grossiers.

5. Calcaires échinodermiques à Bel. paxillosus, Zieteni, etc.

(8–5: **Domérien**)

4. Calcaires finement échinodermiques zonés. **Charmouthien.**

3. Calcaires marneux à *Ariétites,* finement échinodermiques au sommet. **Sinémurien.**

2. Marnes schisteuses noires à *Caloceras, Schlotheimia* **Hettangien.**

1. **Rhétien.**

Fig. 3. — Coupe du Lias dans la région de Bionnassay-Miage. Echelle 1 : 2600 env.

deviennent échinodermiques dans la région de Miage et des Contamines. La profondeur diminuait donc du NE au SW le long du massif du Mont-Blanc.

Lias moyen.

Charmouthien.

Le Sinémurien est toujours surmonté, dans la zone de Chamonix, par une puissante assise de calcaires finement échinodermiques plus ou moins quartzeux, gris bleuâtres, où l'on décèle fréquemment des Bélemnites et des sections de tiges de *Pentacrinus*. A la surface corrodée, ils sont souvent zonés de bandes claires, blanchâtres et de bandes foncées, bleutées; les premières sont en relief, les dernières restent en creux. Sous le microscope, les zones claires montrent une forte proportion de grains de quartz ; la calcite est plus abondante dans les zones foncées.

Le caractère rubané est surtout manifeste à la base de cette série de calcaires; en montant on voit les zones devenir plus épaisses; de 1 à quelques cm qu'elles mesuraient, elles atteignent de 20à 30 cm et la roche prend un nouvel aspect; les zones foncées, altérées, se découpent en parallélipipèdes arrondis aux angles, en sorte que les parois constituées par ce Lias moyen font quelquefois l'effet de murs de pierre sèche.

Soumises à une pression violente, dans les plis internes de la zone de Chamonix par exemple, les zones calcaires plus tendres se laminent, acquièrent une schistosité sur laquelle se déplacent les bancs quartzifères plus durs. La partie inférieure de ces calcaires zonés doit probablement appartenir au Charmouthien. (fig. 1, n° 7).

Domérien.

Dans la partie supérieure des calcaires zonés, les Bélemnites sont plus nombreuses (fig. 1, n° 8). Malheureusement elles sont fréquemment tronçonnées. Nous avons revu nos déterminations de 1920, et sur un matériel plus considérable provenant du Mont Lachat (versant S) nous avons identifié :

Belemnites paxillosus Schlot. 4 ex.
» *Milleri* Phill. 3 ex.
» *cf. Zieteni* Werner (= *breviformis* Zieten) 1 ex.

D'après Phillips et Werner il faut attribuer cette faune au Domérien.

A ces calcaires zonés domériens succèdent quelquefois des calcaires échinodermiques grossiers, non zonés qui forment le sommet de la Croix de Fer (pli B.) et de la Pointe du Van (Pli C), mais ce niveau n'est pas constant; le suivant l'est davantage.

Au-dessus se placent des calcaires siliceux gris ou bleus passant à des quartzites à grain fin de même couleur. Ce niveau dur, épais d'une trentaine de mètres à la Rosière près d'Argentière et de 30 à 50 m au Mont Vorassay, se marque par des abrupts dans la topographie et donne lieu à des cascades dans les ravins. Souvent patinés en orangé ou en jaune, ces quartzites domériens peuvent être confondus de loin avec les roches triasiques, mais le lichen silicicole *Lecidea geographica* Schaer qui les recouvre permet de les identifier plus facilement. Ce faciès relativement grossier s'observe au Tour, dans le Nant Noir, puis au S du Col de la Forclaz sur la bordure immédiate du Mont Blanc. Dans le pli B, il forme une grande partie de l'arête W du Mont Vorassay; on le recoupe sur le sentier qui va du Pavillon de Bellevue au glacier de Bionnassay et enfin, faisant partie du même pli B, les quartzites domériens sont visibles dans un petit ravin de la Pointe du Van, parallèle au Lavanchi, au sud de ce dernier.

Ritter (38, p. 98) a signalé au Col du Bonhomme (Plan des Dames), un horizon liasique bréchiforme riche en Bélemnites et contenant des débris de calcaires dolomitiques et de schistes satinés; il s'agit là, sans doute, du Domérien. Nous y avons trouvé plusieurs exemplaires de *Belemnites Zieteni* Werner (= *breviformis* Zieten). Ce niveau grossier auquel succèdent des quartzites blancs est évidemment côtier, il est du même âge que les quartzites liasiques de la zone de Chamonix.

Au-dessus des quartzites, le faciès des calcaires échinodermiques reprend sur quelques mètres; ensuite viennent des calcaires noirs à grain fin, à cassure conchoïdale ou esquilleuse que l'on pourrait facilement prendre pour du Malm; ce niveau existe au Mont Lachat, au Col de la Forclaz, à la Batiaz (socle de la Tour). Dans ce complexe on relève quelquefois des marnocalcaires noirs, tendres, d'apparence charbonneuse, peu épais. Nous avons relevé cet horizon à l'extrémité inférieure de la tranchée du chemin de fer, au-dessus du Pavillon de Bellevue (Pli B.), puis au Col de la Forclaz. Il est probable que l'horizon N° 13 de la coupe de la Batiaz (p. 410) placé dans la même position qu'à la Forclaz appartient aussi au Domérien.

En raison de la violence des phénomènes tectoniques qui ont affecté la région de Chamonix et les replis nombreux du Lias de cette zone, nous considérons comme approximatif l'ordre de la succession des faciès qui vient d'être donné. Nous insistons avant tout sur la variété des dépôts du Lias moyen et son caractère statigraphique. Le Domérien, on le voit, est néritique et montre une diversité de faciès qui s'oppose franchement au caractère bathyal des formations adjacentes.

L'épaisseur du Lias moyen de la zone de Chamonix paraît atteindre de 100 à 120 m.

Paléogéographie du Lias moyen.

Au Lias moyen, les fonds marins se relèvent sur la bordure N du Mont Blanc les dépôts deviennent de plus en plus néritiques. Aux dépens de colonies énormes de *Pentacrinus*, s'élaborent des calcaires échinodermiques épais. Le point culminant de cette ascension se marque au Domérien. Le faciès, d'organique qu'il était devient détritique quand les quartzites se déposent dans toute la zone. Une émersion s'est même produite dans la région axiale du Mont Blanc, le Domérien côtier du Plan des Dames l'indique clairement. Le sillon de Chamonix continue donc à jouer au Lias moyen le rôle d'un géosynclinal entre le Mont Blanc qui se hausse de nouveau et les Aiguilles Rouges dépourvues de Lias.

Lias supérieur.

Sur la bordure N du Mont Blanc, le Lias supérieur est formé par une série très épaisse d'argiles schisteuses rarement marneuses et de schistes argilogréseux localisés surtout dans le synclinal de Voza entre les éléments A et B de la zone de Chamonix.

Toarcien.

Le passage du Domérien au Toarcien se fait par des intercalations dans les argiles, de bancs de calcaires marneux de plus en plus espacés vers le haut.

A la base, le Toarcien est représenté par des argiles schisteuses noires, brillantes, souvent rouillées ou irisées, très fissiles et fragiles, dans lesquelles l'érosion travaille largement. Dans la moitié supérieure de cette série s'intercale parfois un niveau de calcaires marnogréseux, roussâtres à la surface. Altérées et oxydées, ces argiles prennent une teinte brun clair. L'épaisseur du Toarcien dépasse certainement 100 m (fig. 1, nº 9).

Le seul organisme que nous ayons découvert dans ce complexe est *Posidonomya Bronni* Voltz. Seize exemplaires ont été trouvés près du hameau des Belles Faces sur le chemin muletier des Houches au Col de Voza, puis un exemplaire au Col même dans les rochers qui affleurent au SE de la station sur le versant de Bionnassay. La présence de ces fossiles, puis l'extrême ressemblance du faciès avec celui du Toarcien helvétique, nous inclinent à attribuer, en partie tout au moins, à cet étage, les argiles de la base W du Mont Vorassay, du Col de Voza et des environs du Tour.

Aalénien.

1. *Région de la Croix-de-Fer.*

Sur la série précédente, dans cette région, en contact franc, se superpose un complexe épais de schistes grumeleux argilogréseux, gris ou brunâtres qui contiennent des nodules lenticulaires plus durs, pyriteux au centre; ces nodules sont caractéristiques pour l'Aalénien haut alpin et dauphinois (fig. 1, n° 10 et fig. 2). Les schistes gréseux de la Croix de Fer, fortement replissés, contiennent des bancs ou des lentilles alignées de quartz blanc. Ces intercalations de quartz suivent la direction générale NE-SW des plis et jalonnent les zones de dislocation; on peut les suivre sur plus d'un kilomètre de Carraye à l'Arolette. Elles résultent de l'écrasement et de la recristallisation du quartz des grès aaléniens. A. Favre leur attribuait une origine aqueuse (12, § 519).

2. *Région de Saint-Gervais.*

Le faciès relativement grossier de l'Aalénien ne se retrouve pas plus au SW, sur la bordure du Mont Blanc, et l'absence de faune ne nous a pas permis non plus d'identifier cet étage entre le Col de Balme et les Contamines. L'érosion l'en a fait disparaître.

Mais Haug (15) et Ritter (38) ont décrit dans la région du Mont Joli des argiles schisteuses, à nodules pyriteux, contenant des ammonites aaléniennes. Ces schistes noduleux succèdent aux argiles toarciennes du Synclinal de Voza (fig. 3).

3. *Paléogéographie.*

Nous avons vu qu'au Domérien néritique de la zone de Chamonix correspond un mouvement ascensionnel, puis une émersion du Mont Blanc. Cette oscillation positive ne dure pas. Le Toarcien voit le massif gagner à nouveau la zone bathyale. C'est un second maximum de profondeur qui s'établit sur le Mont Blanc, répétition exacte de la plongée hettangienne.

Parvenons maintenant à l'Aalénien. Nous avons vu qu'il fallait voir deux faciès distincts sur la bordure N du Mont Blanc, un faciès argilo-gréseux au NE (fig. 2) et un faciès bathyal au SW (fig. 3). Pendant que l'extrémité SW du massif se maintient dans le régime profond à l'Aalénien, il semble que dans la région NE s'amorce un léger exhaussement indiqué par le faciès plus grossier de la Croix de Fer.

Avec l'Aalénien s'arrête la série des dépôts mésozoïques parautochtones qui ont conservé des caractères stratigraphiques utilisables. L'érosion a enlevé le reste.

Les derniers chapitres de l'histoire géologique de la zone de Chamonix et du Mont Blanc sont écrits dans les séries plus jeunes des Fiz et des Aravis, charriées sur l'avant pays hercynien. Il serait intéressant de savoir si l'oscillation positive constatée dans l'Aalénien de la Croix de Fer se continue au Dogger et si elle se marque par des différences de faciès entre le Bajocien du Haut Giffre et celui des Aravis, par exemple.

Michel-Lévy (27) a signalé et figuré au Mont Lachat et au Mont Vorassay du Dogger et des schistes oxfordiens, mais nous avons démontré que paléontologiquement ces terrains appartenaient respectivement au Lias moyen et au Lias inférieur. C'est au Lias qu'il faut aussi rapporter le Dogger indiqué par Duparc et Mrazec (10) et H. Douvillé (9) dans la vallée de Chamonix.

Résumé paléogéographique.

Ainsi que l'a montré Haug (15) le Lias de la zone de Chamonix appartient entre Martigny et les Contamines au faciès dauphinois. La série, d'un caractère généralement bathyal (argiles, marnes, marnocalcaires) est interrompue à deux reprises au Rhétien et au Lias moyen par des sédiments néritiques (calcaires échinodermiques et quartzites). L'étude de la succession des faciès permet de se rendre compte de ce qu'était la bathymétrie des mers liasiques dans la zone de Chamonix.

Explication de la figure 4.

I. Au Trias inférieur, l'extrémité NE du Mont Blanc, dépourvue des quartzites de base, émerge jusqu'au Col de Tricot où ce faciès fait son apparition.

II. Puis, le pays s'affaissant quelque peu, la mer gagne vers l'Est sur les terres exondées jusque là. Dans le Nant de la Griaz les quartzites manquent; le niveau des argilites transgresse sur le Cristallin.

III. La profondeur diminue encore au Trias moyen et supérieur, des lagunes se forment partout, où se déposent les cargneules et les gypses. Puis un mouvement ascensionnel exonde de larges surfaces; les calcaires dolomitiques de la Griaz sont ravinés et des formations continentales se déposent au Col des Fours.

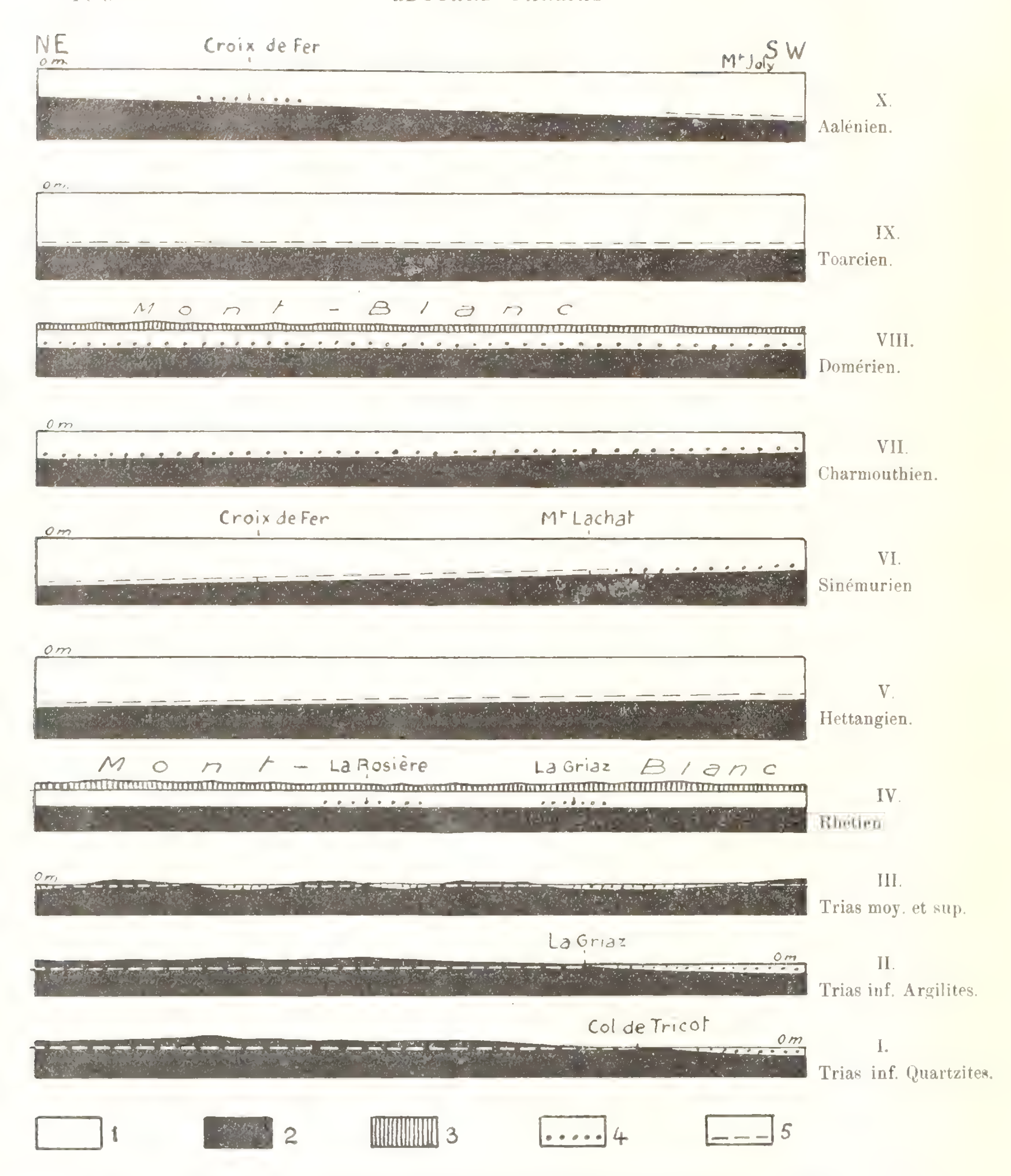


Fig. 4. — Bathymétrie des mers triasiques et liasiques dans la zone de Chamonix. Echelle 1 : 500.000.

1. La mer. — 2. Substratum cristallin de la zone de Chamonix. — 3. Régions émergées du Mont Blanc. — 4. Dépôts néritiques. — 5. Dépôts bathyaux. L'épaisseur des sédiments a été négligée et les profondeurs ont été exagérées.

IV. L'émersion rhétienne qui a alimenté les dépôts grossiers de la Rosière (Argentière) et du ravin de la Griaz est suivie d'un mouvement de descente rapide.

V. Tout le massif plonge et atteint à l'Hettangien un premier maximum de profondeur. Les marnes à Céphalopodes pyriteux caractérisent cet étage.

VI. Au Sinémurien, l'appareil se soulève par le SW. Les dépôts restent bathyaux dans la région de la Croix de Fer, tandis qu'on observe des calcaires marneux plus ou moins échinodermiques à partir du Mont Lachat vers le SW.

VII. L'ascension devient générale avec le Charmouthien. La profondeur diminue sur toute la bordure du Mont Blanc; partout se déposent des calcaires échinodermiques à Pentacrines.

VIII. Au Domérien, le point culminant de l'oscillation est atteint. Des calcaires échinodermiques grossiers se forment. Le Mont Blanc émerge à nouveau et l'érosion continentale alimente des dépôts épais de quartzites.

IX. Mais peu à peu le faciès redevient vaseux et, au Toarcien, c'est l'immersion générale; les grands fonds sont la règle (argiles schisteuses); un second maximum de profondeur marque cette oscillation négative.

X. L'Aalénien présente une atténuation de ce régime bathyal dans la région de la Croix de Fer où le faciès est argilo-gréseux. Nous voyons là l'amorce d'un nouveau mouvement d'ascension du fond de la mer. Dans la région des Contamines, par contre, le faciès reste franchement bathyal (argiles schisteuses à nodules du Mont Joly).

Les mouvements verticaux de la bordure NW du Mont Blanc.

1. *Les oscillations.*

De l'examen de la bathymétrie des mers triasiques et liasiques il ressort que les mouvements qui ont affecté la bordure nord-ouest du Mont Blanc peuvent se décomposer en deux systèmes d'oscillations de périodes différentes. Ce sont:

1° Une ondulation longitudinale qui se manifeste par un balancement rythmé des extrémités de la chaîne du Mont Blanc. Les élongations maxima de ce mouvement ondulatoire paraissent avoir été atteintes au Trias inférieur, au Sinémurien-Charmouthien et à l'Aalénien (fig. 5, n° 2).

2° Les oscillations d'ensemble qui affectent solidairement toute la région étudiée (zone de Chamonix, bordure N du Mont Blanc). C'est un balancement

vertical qui détermine alternativement des émersions et des approfondissements marins généraux (fig. 5, nº 1). Les émersions se marquent pour le Lias au Rhétien et au Domérien et les grands fonds règnent pendant l'Hettangien et le Toarcien.

Comme le montre la fig. 5 la période du second mouvement est relativement courte ; les oscillations d'ensemble sont donc les plus rapides.

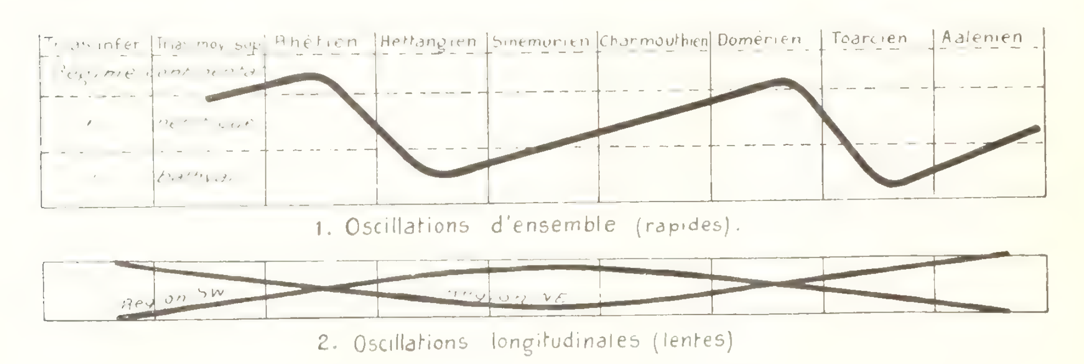


Fig. 5. — Les oscillations de la bordure NW. du Mont Blanc pendant le Trias et le Lias.

L'ondulation longitudinale paraît avoir été produite par la transmission lente d'un effort, perpendiculairement à la direction de la poussée pennique. On sait, d'après ARGAND (3) que le segment central de l'arc alpin réagit plus rapidement que les segments latéraux sous l'effort des géanticlinaux alpins en marche. Ne faut-il pas voir dans le relèvement simultané vers le NE des Aiguilles Rouges et du Mont Blanc au Trias inférieur, une conséquence de la proximité du segment central. Quant à l'exhaussement de la région de Miage et des Contamines au Sinémurien-Charmouthien, peut-être est-il le contre coup de ce gauchissement triasique qui, transmis lentement le long de la chaîne parvient, atténué et retardé, au Lias moyen, à l'extrémité SW du massif.

2. *Dédoublement du géanticlinal helvétique.*

SWIDERSKI (42), par l'observation des faciès de la couverture des massifs de Gastern et de l'Aar, a été amené à subdiviser le géanticlinal helvétique en deux géanticlinaux secondaires pendant le Lias et le Bajocien. Nous avons vu qu'il en est de même au Lias dans la région de Chamonix. Dès le Rhétien, le Mont Blanc se différencie et se sépare du rebord hercynien des Aiguilles Rouges par un sillon peu profond. Ce chenal se marque encore au Domérien puis nous perdons sa trace. Il est fort probable qu'il subsiste au Lias supérieur mais à partir du Dogger, absent dans la zone de Chamonix, la question reste ouverte. Le géosynclinal dauphinois gagne de ce fait en complication. Déjà accidenté par le Dôme de la Mure (18), il

se bifurque à partir de la région des Fours en une branche nord ou de Chamonix et une branche principale sud ou de Courmayeur qui se rejoignent vraisemblablement près de Saxon.

3. Transgressions et régressions.

Nous avons dit que les Aiguilles Rouges et la zone de Chamonix étaient solidaires pendant le Trias ; ces deux unités oscillent en concordance de phase. Egalement relevées dans leur extrémité NE, elles subissent dans cette région la même transgression du Trias supérieur. Mais, à partir du Lias inférieur, leurs tendances divergent ; les Aiguilles Rouges se destinent au rôle d'avant pays rigide, la zone de Chamonix, malgré le premier gauchissement du Mont Blanc, confine déjà au géosynclinal valaisan. Ce dernier en effet, s'approfondit dès le Rhétien entraînant avec lui la zone de Chamonix. Mais pendant que la mer liasique transgresse ici, elle est en régression sur les Aiguilles Rouges. Transgression dans le géosynclinal, régression sur l'avant pays, voilà une confirmation de plus de la loi de Haug.

DEUXIÈME PARTIE

TECTONIQUE

INTRODUCTION

Le phénomène du recouvrement des terrains sédimentaires de Chamonix par le massif du Mont-Blanc parut si extraordinaire à de SAUSSURE et à ses successeurs immédiats, qu'ils ne se demandèrent pas quel pouvait être l'arrangement intérieur de ces couches sédimentaires. Ce n'est qu'en 1848 qu'ALPHONSE FAVRE fit du sillon mésozoïque de Chamonix, un synclinal simple. Et le « synclinal de Chamonix » devint désormais célèbre, tant par la grandeur des phénomènes qu'il montre, que par la proximité immédiate de la plus haute cime des Alpes. M. LUGEON (22), le premier, met en doute la simplicité du « synclinal » et lui suppose une complexité que cette étude a pour but d'affirmer et de démontrer. La présence dans cette zone de deux séries sédimentaires différentes par leurs composants et leurs faciès, l'existence de plusieurs plis compliqués, nous portent à considérer comme désuète et inexacte l'appellation de « synclinal » et à la remplacer par celle, plus générale, de « zone de Chamonix ».

I. LES PLIS DE LA ZONE DE CHAMONIX

Nous avons démontré dans une publication antérieure (31) que, dans la région du Mont Lachat et du Col de Voza, la zone de Chamonix était compliquée par trois plis A, B et C, charriés sur les Aiguilles Rouges. Comme le profil transversal passant par la Croix de Fer et le Col de Balme est très caractéristique, nous l'étudierons pour commencer, puis nous lui comparerons ceux que l'on peut observer au NE, jusqu'à Martigny d'une part, et vers le SW jusqu'aux Contamines, d'autre part.

1. La région de la Croix de Fer.

Si l'on monte de l'alpage des Preises à celui de Catogne, en suivant le ruisseau qui descend de ce dernier, puis en continuant par les crêtes, de la Pointe du Van à la Croix de Fer, on note la coupe suivante : (pl. 7, coupe 3 et fig. 6).



Fig. 6. — Le massif de la Croix de Fer, vu du Six Jeur.

a, Col des Tseppes ; *b*, Pointe de Carraye ; *c*, Pointe du Van ; *d*, Croix de Fer ; *e*, Arolette ; *f*, Cirque de Catogne ; *g*, Chalet des Preises ; *h*, Chalet des Lanches.

1, Carbonifère et Permien de l'Arpille ; 2, Dogger ; 3, Argovien ; 4, Malm ; 5, Crétacé ; 6, Tertiaire ; 7, Lias moyen ; 8, Lias supérieur ×---×. Plan de chevauchement de la nappe de Morcles.

On voit, sur cette figure, se dessiner nettement l'ensellement de la Croix de Fer.

1. Carbonifère. Grès et schistes ardoisiers sur lesquels se superpose une série autochtone normale (2 à 9) représentant la couverture sédimentaire de l'Arpille.

Série autochtone :

2. Dogger. Calcaires échinodermiques surmontés de calcaires zoogènes à Céphalopodes, 1,50 m (voir p. 380).

3. Argovien calcaire 1 m.

4. Argovien schisteux 30 m environ.

5. Calcaires du Malm déterminant un abrupt franchi par une cascade, 100 m. La petite combe située au pied des pentes qui soutiennent le Cirque de Catogne est excavée dans le Malm.

6. Portlandien : *a)* Calcaires marneux très schisteux, blanchâtres avec intercalations de bancs plus durs de 20 à 50 cm. — *b)* Calcaires schisteux avec zones échinodermiques.

7. Sidérolithique éocène: *a)* Lentilles et traînées de grès ferrugineux quelques cm. — *b)* Calcaire siliceux verdâtre à patine jaune, 6 m. Ce niveau est situé au coude du sentier de Catogne le plus rapproché du ravin, en aval de la confluence des deux petits torrents venant du cirque.

8. Priabonien. Marnes schisteuses noirâtres contenant des calcaires lités charbonneux 40 m.

9. Calcaire gris marmorisé 5 m.

Ce niveau qui porte les traces d'un écrasement manifeste termine la série autochtone.

Série parautochtone:

10. Toarcien. Argiles schisteuses, rouillées, irisées 3 m.

11. Calcaire spathique à inclusions jaunes 2 m.

12. Domérien. *a)* Argiles schisteuses noires 2 m. — *b)* Calcaire marneux noir, charbonneux passant à *c.* — *c)* Calcaire grossier, laminé, bleuté, tacheté de jaune 10 m environ. — *d)* Calcaire finement spathique, zoné. — *e)* Calcaire spathique bien lité et quartzites pélitiques bleutés formant avec le verrou du Cirque de Catogne, 5-6 m.

13. Toarcien. Argiles schisteuses noires, visibles à l'extrémité SW du verrou.

14. Aalénien. Schistes argilo-gréseux, grumeleux, gris ou bruns à nodules lenticulaires pyriteux.

L'Aalénien termine la série normale charriée, mais cette série est compliquée par deux plis plus internes qui se marquent par la succession suivante (fig. 7):

15. Domérien. Calcaires échinodermiques grossiers de la Pointe du Van.

16. Lias inférieur. Argiles noires du ravin de la Chenalette dans lesquelles s'insère une écharde de gneiss mylonitisés (cœur du pli B).

17. Domérien et Charmouthien. Calcaires échinodermiques grossiers du sommet de la Croix de Fer et calcaires zonés.

18. Dans le Nant Noir: Lias inférieur. Argiles et marno-calcaires formant la dépression au NW de l'hôtel du Col de Balme (cœur du pli C).

19. Lias moyen. Calcaires spathiques zonés charmouthiens et quartzites domériens patinés en rouge orangé qui, de la butte portant l'hôtel, descendent comme une large nervure vers les Herbagères et se coincent dans le Lias inférieur tout au bas du Nant Noir.

20. Lias inférieur. Marno-calcaires et argiles.

21. Trias. *a)* Gypse. — *b)* Cargneules bréchoïdes 10 m environ.

22. Schistes cristallins du Mont Blanc.

Au-dessus de la couverture autochtone de l'Arpille, la série normale A charriée est donc composée du Domérien n° 12, du Toarcien n° 13 et de l'Aalénien

nº 14. Un coussinet d'argiles toarciennes nº 10 entraîné sous les calcaires domériens plus rigides, a facilité sa translation rendant par cela même quasi invisible le contact mécanique. Nous avions parlé d'un pli A dans nos publications précédentes, mais cette notion est inexacte, car ce Toarcien nº 10 ne constitue pas un flanc renversé à proprement parler. Pendant son mouvement en avant, l'élément résistant (Lias moyen) s'est enrobé dans les schistes argileux du superstratum dont une partie a réussi à fluer sous lui.

Mais plus loin, ce plan de chevauchement de l'élément A, caractérisé par des surfaces listriques, des brèches de friction, par la marmorisation du substratum, est visible sur le chemin qui va des Chalets de Catogne aux Tseppes à l'endroit où il traverse le ruisseau au NE du Pt 2066 (Atlas Siegfried, feuille 525); il passe au Nord du sommet de Carraye, puis descend dans le ravin du Lavanchi. Là, s'intercale sur le plan, à l'altitude d'environ 1680 m, un complexe épais de Trias, formé de bas en haut par : 1) Calcaire dolomitique marmorisé et cargneules, 3 m; 2) calcaire dolomitique bréchiforme dont la texture est d'origine tectonique, 13 m. Ce Trias, ne se poursuit pas jusqu'au haut du ravin; sur la rive droite de celui-ci, au point où un sentier est taillé dans la paroi qui se continue jusqu'au sommet de Carraye, on observe sur le Permien un complexe de cristallin mylonitisé[1] qui résulte de l'écorchement ou du rabotement superficiel de la cuirasse de l'Arpille mise à nu. Au-dessus viennent des calcaires schisteux noirs (5 à 7 m) et enfin les calcaires broyés de la paroi; ces deux dernières formations pourraient être domériennes. La lame triasique a donc disparu ici, de même que l'autochtone. Ce dernier reparaît toutefois un peu plus haut, sous le sommet de Carraye et au Col des Tseppes.

Le cirque de Catogne est excavé dans l'Aalénien du synclinal très replissé qui sépare l'élément A du pli B. Les complications que LUGEON et OULIANOFF indiquent dans l'Arolette et que nous connaissions déjà, puis les replis qui sont décelés par les zones quartzeuses (voir p. 398) expliquent la puissance apparente de cet Aalénien.

Un second pli (pli B) se marque dans le ravin abrupt de la Chenalette, par la présence d'un coin effilé de Lias inférieur nº 16 qui s'insinue entre les parois de la Pointe du Van et celles de la Croix de Fer.

Si l'on remonte le lit du ruisseau de la Chenalette depuis le sentier du Col de Balme, on ne tarde pas à rencontrer sur la rive gauche, une masse de gneiss biotitique qui ne garde pas longtemps sa fraicheur. En effet, peu au-dessus, cette roche prend une patine rousse et montre des traces manifestes d'écrasement. Plus haut encore, dans les argiles du Lias inférieur (nº 16) mises à nu par une écorchure

[1] Il s'agit peut-être de la première des deux lames de gneiss que LUGEON et OULIANOFF (26) signalent dans le massif de la Croix de Fer.

de terrain sur le versant droit, s'insère une lame de gneiss laminés presque méconnaissables. Cette esquille, connue de nous depuis longtemps, a été signalée par LUGEON et OULIANOFF (26); elle forme le cœur du pli B ou de la Chenalette.

La Croix de Fer est taillée dans une lame synclinale de Lias moyen (n° 17) qui, écrasée, s'effile par le bas et se termine au-dessus de la Coûta. Sa pointe extrême qui flottait là dans les schistes liasiques inférieurs, glissant sur ces derniers, s'est effondrée dans le Nant Noir et, râclant son substratum, a mis à jour les gneiss mylonitisés de la Chenalette. Ce cristallin forme donc le promontoire de la Coûta tout entier. Les calcaires échinodermiques de la Croix de Fer, amincis, se poursuivent au SW jusqu'à un piton surmonté d'une croix, visible au N du Col de Balme. A partir de là, ils cessent brusquement. Au col, ils n'existent plus; la même disparition affecte le Lias moyen de la Pointe du Van.

Dans le Nant Noir, plaqué contre les dalles abruptes de la Croix de Fer et donnant lieu à un replat bien visible au-dessus du torrent, on retrouve le Lias inférieur (n° 18). C'est le cœur du pli anticlinal C ou du Nant Noir, séparé par le synclinal de Lias moyen n° 19 des couches 20 et 21 en repos sur le cristallin du Mont Blanc.

En résumé, la coupe du massif de la Croix de Fer montre, au-dessus de la couverture autochtone de l'Arpille, une série normale charriée — c'est l'élément parautochtone externe A — puis deux plis secondaires internes, B et C. Le cœur du pli B est formé par un coin de gneiss, visible dans le ravin de la Chenalette.

2. LE COL DE LA FORCLAZ.

Si l'on suit du N au S le « bisse » (aqueduc) qui arrive du glacier de Trient, on relève la coupe suivante (pl. 7, coupe 2) :

1. Schistes cristallins de l'Arpille.
2. Mylonite de cristallin et de sédimentaire; 10 à 30 cm.
3. Argovien. Calcaires schisteux gris, grumeleux, à inclusions jaunes.
4. Calcaires marmorisés rougeâtres ressemblant aux marbres de Saillon signalés à la Batiaz (voir coupe de la Batiaz n° 8).
5. Schistes calcaires broyés et redressés, exploités en carrière. Epaisseur de 3, 4 et 5, 13 m.
6. Trias. *a)* Cargneule à éléments gypseux et calcaires 0 à 0,30 m. *b)* Complexe formé d'éléments triasiques, de lentilles de calcaires dolomitiques transformés en marbre saccharoïde 1 m.
7. Schistes calcaires séricitiques 0,50 m.
8. Marbres bleutés et jaunâtres 3 à 4 m.
9. Domérien. *a)* Marnocalcaires noirs, charbonneux; *b)* calcaires schisteux

Fig. 7. — Col de Balme et Croix de Fer.

Lm Lias moyen.
Li Lias inférieur.
T Trias.
Sc Schistes cristallins.
Cr Lame de Gneiss.
My Gneiss mylonitisé.
Eb Eboulement.
B Anticlinal de la Chenalette.
C Anticlinal du Nant Noir.



Phot. Jullien Frères.

Fig. 7

Fig. 8. — Le Tour et le Col de Balme.

Ls Lias supérieur.
Lm Lias moyen.
Li Lias inférieur.
T Trias.
Sc Schistes cristallins du Mont Blanc.
a Cône du torrent de Balme.
b Cône de drainage périphérique.
Cône du torrent de Vermenaz.
d Moraine de fond du Glacier de Balme.
Moraine latérale du Glacier de Balme.



Phot. F. Chaix.



Fig. 9. — Vallée de Chamonix, vue du Col de Balme.
...es. b Aiguillette de Vallorcine. c Alpe de Balme. A Série autochtone. Ls Lias supéri...



Fig. 10. — Le Col de Voza, le Mont Lachat et le Mont Vorassay.
Mont Lachat. b Col de Tricot. c Mont Vorassay. d Mont Lachat. e Col de Voza. Li Lias inférieur. Lm Lias moyen. Ls Lias supérieur.
x Localité à Posidonomya Bronni.

foncés, légèrement gréseux, pyriteux; *c)* calcaires foncés à grain fin; à cassure conchoïdale; *d*) calcaires durs, subquartzitiques, alternant avec des zones schisteuses.

L'ensemble, épais de plus de 50 m, est replissé.

10. Charmouthien. Calcaires finement spathiques zonés.

11. Marnes schisteuses et marnocalcaires noirs 0,50 m.

12. Calcaire plaqueté gréseux 0 à 3 m.

13. Lias inférieur. Marnes schisteuses noires 12 m.

14. Trias. *a)* Calcaire dolomitique; *b)* Cargneules bréchoïdes à éléments gypseux et calcaires. Epaisseur du Trias, 5 m.

15. Domérien? Calcaire marmorisé zoné et quartzites 2,50 m.

16. Lias moyen. Calcaire marno-gréseux noir 3 m.

17. Lias inférieur. Schistes noirs 4 m.

18. Trias. Cargneule et gypses. Ces derniers sont visibles surtout à Proz du Sex. 20 m environ.

19. Schistes cristallins du Mont Blanc.

Les couches 3, 4 et 5 appartiennent à l'autochtone de l'Arpille. Le plan de charriage de l'élément A est marqué comme dans le ravin du Lavanchi par du Trias broyé (n° 5). Le Domérien n° 9 est l'homologue de celui du verrou de Catogne et représente la base de la série externe A. Le pli B n'est pas discernable dans le complexe liasique moyen épais (9 et 10) en raison de l'exiguïté des affleurements. Le pli C par contre est marqué par le Trias n° 14.

3. La combe et le vignoble de Martigny.

Au delà de Proz du Sex, vers le NE, le glaciaire et les éboulis ne laissent percer aucun affleurement mésozoïque jusqu'au dessus du Fay. La route de Martigny à Trient entaille au N et à l'E du Fay, puis au N de la Fontaine, des calcaires spathiques plus ou moins schisteux du Lias moyen. Le chemin du Cergneux à Ravoir (Cheseaux) présente quelques pointements intéressants; le Lias moyen apparaît dans les écorchures du talus du chemin. A l'endroit où ce dernier est coupé par un couloir dirigé vers les Rappes, (à mi-distance entre *t* de Martigny et *b* de Combe AS), on voit le Lias moyen zoné et plaqueté, renversé sous l'Arpille, buter directement contre les cornéennes de ce massif. L'autochtone manque donc ici, et la série charriée A entre en contact avec l'Arpille par le Lias moyen. Les affleurements plus étendus situés l'un au NW du Cergneux (F de la Fontaine), l'autre au N de ce village (*o* de Combe) montrent le même phénomène. Au NE du Plan Cerisier, dans les pentes abruptes qui dominent la Dranse, à partir du point

où ce torrent heurte le vignoble de Martigny et jusqu'à la Batiaz, c'est le Lias moyen qui règne.

L'autochtone reparaît très écrasé et diminué au NE du Sommet des Vignes, d'où il descend rapidement vers la Batiaz.

4. La Batiaz.

Dans cette intéressante localité on peut relever la coupe suivante du NW au SE (pl. 7, coupe 1) :

Petite carrière.

1. Schistes cristallins de l'Arpille.

2. Plan de décollement avec lentilles du substratum, brèches de friction et quartz visible au sommet de la carrière.

3. Calcaires schisteux clairs, argentés sur le lit, contenant des bancs plus compacts 6 m.

4. Calcaire bleu foncé, gréseux, faiblement échinodermique, en gros bancs, 3 m, séparé de 5 par un plan de friction avec brèche.

Grande carrière.

5. Calcaire étiré gris-verdâtre phylliteux 3 m.

6. Calcaire gris, laminé, marmorisé contenant sur une faible épaisseur des pellicules vertes et rouges 4 m.

7. Calcaire gris-verdâtre phylliteux 10 m.

La coupe est reprise sur le chemin qui descend de la Tour au village de la Batiaz.

8. Marbres plaquetés, veinés, blancs, jaunes, rosés et verts 21 m. Aptien, d'après M. Lugeon.

9. Calcaire marmorisé gris; 3 m.

10. Calcaire gréseux finement lité et calcaire gris-bleu, compact, légèrement échinodermique; 3 m.

11. Après 4 m de terre végétale, calcaire bleu foncé, lité ; 1 m.

12. Calcaire broyé, à patine jaune.

13. Marnocalcaire noir, charbonneux 0 à 30 cm mêlé avec 14 sur un plan de friction. Lias?

14. Lentilles de cargneules et de calcaires dolomitiques broyés; quelques cm; Trias.

15. Calcaires lochseitisés, bréchiformes par places; 12 m.

16. Calcaires bleus, foncés, lités ou compacts à Bélemnites. Domérien pp.

17. Calcaires échinodermiques zonés à Pentacrines formant avec 16 le socle de la Tour. Lias moyen.

18. Alluvions de la Dranse.

De SAUSSURE, A. FAVRE, GERLACH, SCHARDT, etc., ont, tour à tour, porté leur attention sur les calcaires de la Batiaz, mais nous ne retiendrons que les coupes qu'en ont données RENEVIER et GOLLIEZ (37) en 1894, et LUGEON en 1918 (25). Pour RENEVIER et GOLLIEZ les couches qui portent la Tour de la Batiaz (n°s 16, 17 de notre coupe), sont probablement liasiques. Les marbres veinés (n° 8) sont attribués par RENEVIER (36) au Trias et les calcschistes (n° 3) voisins du contact avec l'Arpille, au Carbonifère. Lugeon considère, comme Jurassique supérieur, des calcaires gris échinodermiques à la base (prob. n° 4 de notre coupe), comme Aptien les marbres veinés (n° 8), comme Nummulitique, les marnes charbonneuses (n° 13) et comme Malm les calcaires de la Tour de la Batiaz.

D'après nos observations, les niveaux 3 et 4 appartiennent probablement au Jurassique supérieur. Le complexe marmorisé 5, 6 et 7 qui contient un niveau de pellicules vertes et rouges rappelant les formations sidérolitiques infravalangi-niennes du soubassement de la Jungfrau, pourrait être, en partie, infracrétacé. Nous admettrons avec M. Lugeon (25) que les marbres n° 8 sont aptiens. L'étude que nous avons faite des faciès liasiques de la zone de Chamonix nous force à attribuer au Lias moyen le socle de la Tour (n°s 16 et 17) et probablement aussi les marnes charbonneuses n° 13 qui sont en contact avec le Trias. Nous savons qu'à Saillon on exploite en carrière les marbres veinés, dont la trace passe à la Batiaz et à la Forclaz, nous savons que la colline qui porte les ruines de Saillon est constituée par un Charmouthien et un Domérien typiques et que dans la dépression qui sépare la butte de la montagne, affleure le Trias dont nous avons signalé pour la première fois l'homologue à la Batiaz (n° 14). Les mêmes éléments existent donc à Saillon et à la Batiaz; le parallélisme s'impose. On sait, d'après LUGEON (21), que la nappe de Morcles s'enracine à Saillon, elle le fait donc aussi à Martigny dans la zone de Chamonix; SCHARDT (40), COLLET (6), puis LUGEON (25) en avaient émis l'hypothèse, il restait à en établir la preuve et à fixer le détail du phénomène.

Nous basant sur les faits observés dans le massif de la Croix de Fer et au Col de la Forclaz et exposés ci-dessus, et en particulier sur la situation et l'allure du plan de chevauchement de la série parautochtone externe A dans ces deux localités, nous considérons les niveaux 3 à 12 de notre coupe de la Batiaz comme représentant la couverture mésozoïque de l'Arpille, épaisse ici de 50 m environ. La lame triasique n° 14, entraînée sur le plan de chevauchement bien visible à la Batiaz est l'homologue de celles du Lavanchi et de la carrière de la Forclaz (n° 6, p. 408). Les couches 13 à 17 appartiennent à la série liasique externe A que nous allons poursuivre jusqu'à la vallée de Saint-Gervais sur une distance de 42 kilomètres; cette série A forme donc la base de la nappe de Morcles. Les plis internes, B et C doivent

être considérés comme des éléments secondaires qui compliquent le flanc normal de la nappe.

Reprenons maintenant les éléments tectoniques de la Croix de Fer et suivons leur évolution vers le SW.

5. La vallée de Chamonix.

L'autochtone des Aiguilles Rouges-Arpille, franchissant la frontière entre les bornes 6 et 7, se dirige vers l'Aiguillette; au-delà des chalets de Balme, la bande se coude, s'amincit et descend rapidement vers Montroc. Le Lias moyen externe, réduit à quelques mètres au SW des chalets, s'use et disparait bientôt au-dessus du Tour. Aux Raffords, près des Tines, plaqué contre les Aiguilles Rouges dépourvues d'autochtone, on remarque un calcaire spathique, écrasé, sans stratification[1]. C'est peut-être une réapparition sporadique du Lias moyen externe. Le Toarcien du synclinal de Catogne, très replissé, forme toute la région comprise entre le Tour, les alpages de Catogne et de Charamillon et les abords du Col de Balme. Le pli de l'Arolette est visible dans les schistes toarciens au Sud du Point 2324 et se continue vers l'aval tout au long du torrent principal de Balme. Sur ce trajet, il se redresse jusqu'à la verticalité et se renverse ensuite au NW sous l'Aiguillette de Vallorcine.

Entre les Posettes et la Creuse de Verménaz on peut relever le profil suivant, du NW au SE (pl. 7, coupe 4, fig. 8 et 9) :

1. Permien. Schistes et grès rouges.

Trias supérieur. Conglomérats, grès et schistes noirs à *Equisetum* en alternance; 10 m environ.

3. Bajocien. Calcaires échinodermiques; 1 m.
4. Argovien calcaire et schisteux écrasés; 10 m environ.
5. Malm. Epaisseur de l'autochtone : 30 m environ.

Parautochtone :

6. Toarcien. Argiles schisteuses brillantes.
7. Lias moyen. Calcaires échinodermiques à Pentacrines, zonés à la base.
8. Au haut de la niche d'arrachement de la Creuse de Verménaz. Lias inférieur. Marnes schisteuses noires.
9. Lias moyens. Calcaires échinodermiques zonés; 5-6 m.
10. Lias inférieur. Marnes schisteuses noires.
11. Trias. Calcaire dolomitique et cargneules; 30 m.
12. Cristallin du Mont Blanc.

[1] Le nom de la localité indique qu'il fut exploité autrefois comme pierre à chaux.

Le Lias moyen de la Pointe du Van et de la Croix de Fer qui avait disparu depuis le Col de Balme se retrouve à l'E de Charamillon où il forme un contrefort massif entre le torrent de Balme et la Creuse de Verménaz. Au haut de ce dernier ravin, le pli C est indiqué par le Lias inférieur n° 8 et le niveau n° 9 n'est autre que le synclinal le plus interne, celui des Herbagères et du Col de Balme. Au-delà du Tour, sur la bordure du Mont Blanc des affleurements isolés restreints ne montrent que le Trias et le Lias au contact du cristallin et sont par conséquent sans grand intérêt tectonique. Tels sont les pointements de la Rosière, du Bouchet, des Bois (Lias moyen échinodermique) et du Biolay, au SE de Chamonix (cargneule gréseuse).

La vallée de Chamonix a été excavée dans le synclinal A-B formé par les schistes tendres du Lias supérieur.

6. Le col de Voza et le Mont Lachat.

Une coupe faite du Prarion au Col du Mont Lachat montre les terrains suivants (pl. 7, coupe 5 et fig.10) :

1. Carbonifère du Prarion.
2. 1er Trias laminé (Quartzites, argilites, calcaires dolomitiques et cargneules).
3. 2me Trias épais et replissé (Quartzites, argilites, calcaires dolomitiques et brèches). Pour le détail, voir p. 378.
4. Lias moyen broyé.
5. Toarcien.
6. Lias moyen massif.
7. Toarcien du Col de Voza ; argiles à *Posidonomya Bronni.*
8. Domérien et Charmouthien épais.
9. Lias inférieur.
10. Lias moyen.
11. Lias inférieur. Sinémurien, Hettangien.
12. Lias moyen du Col du Mont Lachat.
13. Dans le Nant de la Griaz : Sinémurien et Hettangien très plissés.
14. Rhétien.
15. Trias. Pour le détail, voir p. 386.
16. Schistes cristallins du Mont Blanc.

L'autochtone du Prarion est limité ici au seul Trias. Au SW du Col de Voza, en suivant la voie du chemin de fer du Mont Blanc, on constate qu'il est redoublé par le chevauchement d'un second complexe du même âge, mais beaucoup plus épais. Ce second Trias marque le plan de chevauchement de la nappe de Morcles-Aravis.

mais si l'on suit la zone triasique vers le NE, on la voit bientôt disparaître complètement par laminage. Le Lias moyen de la série chevauchante A montre une duplication et alterne avec le Toarcien, preuve de l'effort considérable subi en ce point. Plus au NE les deux replis de Lias moyen, laminés, disparaissent aussi, et le Toarcien du Col de Voza vient en contact direct avec le Carbonifère du Prarion. Le Toarcien replissé intensément forme le Col de Voza puis les pentes douces qui portent le Pavillon de Bellevue. Si de l'hôtel on prend le sentier qui tourne par le N le Mont-Lachat, après avoir traversé le Domérien et le Charmouthien (nº 8), on atteint une zone peu épaisse de Lias inférieur (nº 9) qui n'est autre que le pli B ou de la Chenalette ; on passe ensuite un Lias moyen synclinal (nº 10) et le Lias inférieur (nº 11) assez riche en *Arietites* et *Schlotheimia* reprend, plus épais que le premier; c'est la trace du pli C ou du Nant Noir. Si nous le suivons dans le Nant de la Griaz, nous le trouvons amorcé là sur une lame anticlinale de Trias compliquée par quatre digitations. Le gypse, surmonté par des cargneules et des calcaires dolomitiques, forme le cœur de ce pli C. La lame triasique traverse obliquement le fond du ravin et se développe largement sur le versant gauche, en dessinant de superbes charnières. Au-dessus, le Lias inférieur reparait intensément plissé, c'est le synclinal externe dans lequel vient se loger plus haut le Lias moyen nº 12 du col et du sommet du Mont Lachat.

A. Favre (12, § 548, pl. XIX, fig. 2) reproduisant une coupe de Ruskin, signale au bas du Nant de la Griaz la succession suivante du SE au NW:

Gneiss.
Cargneule.
Gypse (nº 1).
Calcaire du Buet.
Gypse blanc, pur, à grain fin (nº 2).
Schistes noirs du Buet.

Cette disposition du calcaire liasique enclavé entre deux Trias, énigmatique pour l'époque, ne l'est plus aujourd'hui. Le calcaire représente le synclinal le plus interne et le gypse nº 2, le cœur du pli C. La relation entre les deux gypses n'est pas visible à l'endroit où Ruskin fit son intéressante observation, mais elle l'est plus haut, à mi-hauteur du ravin.

7. Le Mont Vorassay et le Col de Tricot.

En montant du hameau de la Gruvaz, dans la vallée de Montjoie, au Mont Vorassay et en suivant l'arête faitière jusqu'au Col de Tricot la succession des terrains se présente comme suit (pl. 7, coupe 6):

1. Permien. Schistes chloriteux et séricitiques altérés (Zone d'altération pré-triaisque).

2. Trias (voir p. 378).

3. Carbonifère. Schistes ardoisiers broyés. Ils sont anthracifères sur le chemin du Champel à Ormai; 10 m environ.

4. Toarcien. Argiles noires.

5. Lias moyen. *a)* Calcaires finement spathiques gris bleus, zonés; *b)* Calcaires grossièrement spathiques, plaquetés à Bélemnites tronçonnées. Epaisseur 35 m.

6. Toarcien épais.

7. Domérien. Calcaires finement spathiques et quartzites replissés formant le premier ressaut de l'arête, puis cette dernière jusqu'au voisinage du sommet du Mont Vorassay.

8. Charmouthien. Calcaires spathiques en bancs.

9. Hettangien. Calcaires marneux gris à Céphalopodes.

10. Lias moyen.

11. Trias (voir p. 386).

12. Schistes cristallins du Mont Blanc.

Comme au Col de Voza, l'autochtone est limité au Trias, mais il est surmonté ici d'une lame de Carbonifère (nº 3) que l'on peut suivre depuis Ormai jusqu'à Tresse sur la rive droite du Bon Nant et de Quy au Fayet sur la rive gauche. Cette lame sur la signification de laquelle nous avons déjà insisté (35), a été arrachée en profondeur par la nappe de Morcles, au bord résistant du Prarion, puis charriée sur le Trias autochtone après que toutes les séries supérieures eurent été décollées et chassées en avant. Les deux phénomènes sont successifs. Un premier temps correspond au décollement et à la translation de l'autochtone vers le NW, et à l'avancée principale de la nappe. Au deuxième temps, le substratum lui-même est arraché en profondeur et une esquille de Carbonifère chemine avec la nappe sur le Trias autochtone conservé. Cet élément tectonique, pour parvenir de la région de Voza au Fayet où il plonge axialement sous la plaine de l'Arve, a dû franchir le Prarion en décrivant une trajectoire de 5 km de portée. Nous avons dit que cette esquille a la même signification que la lame de gneiss mylonitisés découverte par Lugeon entre le pli de Morcles et son substratum autochtone. Les deux lames, placées entre des éléments homologues, définissent une même nappe, la nappe de Morcles-Aravis. La mylonite de Morcles a certainement la même origine, ce n'est pas un élément du Mont Blanc comme le pense M. Lugeon (29), mais elle a été arrachée à la cuirasse de l'Arpille. Le synclinal du Reposoir, prolongement de celui de Morcles, trouve sa place dans la zone de Chamonix, sur le plan de chevauchement de la nappe de Morcles-Aravis. Comme à la Batiaz et à la Croix de Fer, la série

parautochtone A débute au Vorassay par une lame de Lias moyen (n° 5) dont la portée transversale est ici de 2 $^1/_2$ km environ. Un coussinet de Toarcien argileux la supporte, faisant fonction de lit mobile; c'est la répétition exacte du phénomène observé dans le soubassement de la Croix de Fer.

Le complexe toarcien du Col de Voza (n° 6) se traduit par une corniche herbeuse qui longe le pied des parois N du Mont Vorassay et vient tourner au-dessus du Champel entre ce village et les granges de l'Envers. La plus grande partie de l'arête W du Vorassay appartient au pli B. Si l'on observe le versant méridional de cette montagne depuis le point 1833, on voit se dessiner dans le Domérien des arêtes supérieures les nombreux replis de cet anticlinal B, tandis que son noyau épais de Lias inférieur, surgissant de la profondeur des gorges, monte rapidement et se perd bientôt sous les dépôts glaciaires. Au Col de Tricot, l'Hettangien n° 9 représente le pli C auquel succède le synclinal interne de Lias moyen n° 10.

Au Mont Lachat le pli B était moins développé que le pli interne C à noyau triasique et infraliasique épais. Sur le versant de Bionnassay cette disproportion semble subsister, mais au Vorassay, le Lias inférieur B s'engraisse rapidement pour atteindre un maximum de puissance dans le Mont Truc, tandis que le pli C, au contraire, se restreint. Ce relaiement d'importance au profit de l'anticlinal B est extrêmement brusque.

8. La montagne de Truc et la région des Contamines.

On peut observer une très bonne coupe de la zone de Chamonix, si l'on monte de Tresse à Miage, puis de là, à l'alpage de Truc. Les terrains traversés se succèdent dans l'ordre suivant du NW au SE (pl. 7, coupe 7).

1. Toarcien. Schistes noirs dans lesquels est taillée la partie inférieure de la Gorge de la Gruvaz.
2. Lias moyen, visible sur le chemin de Miage à l'W de Maisons.
3. Sinémurien, formant le Mont Truc (point 1833). Marnes noires et calcaire finement spathique à *Arietites* et *Chondrites*. Eboulis.
4. Trias. *a)* Cargneule et calcaire dolomitique; *b)* gypse saccharoïde; au total, 50 m environ.
5. Lias inférieur. Calcaire marneux à *Arietites*.
6. Trias. Cargneule, quelques mètres.
7. Lias moyen. Calcaires spathiques à patine jaune.
8. Trias. Cargneule.

Eboulis et glaciaire.

9. Cristallin du Mont Blanc.

L'énorme cône du Torrent de Miage et les alluvions du Bon Nant masquent

la partie externe de la zone de Chamonix entre la Gruvaz et la Chapelle. Le Carbonifère affleure, il est vrai, dans le lit du torrent de Miage et aux environs de Tresse, mais la carte de Michel-Lévy (27) lui donne une grande extension que nous n'avons pas retrouvée sur le terrain; nous n'avons pas vu non plus les quartzites du Trias portées par cet auteur sur la rive gauche du Torrent de Miage. La partie inférieure des gorges de la Gruvaz est entaillée dans le synclinal toarcien (n° 1). On traverse le Lias moyen n° 2 représentant le flanc renversé du pli B dans la forêt à l'W de Maisons puis au moment où le chemin, devenant horizontal, domine les gorges, il entre dans le Sinémurien n° 3 qui forme le sommet 1833.

Parvenus dans la Combe de Miage, si nous montons obliquement vers le sud, dans les pentes qui soutiennent le Col de Truc, nous ne tardons pas à trouver le Trias n° 4, cœur du pli B. Puis au delà d'un Lias inférieur synclinal n° 5, le noyau triasique (n° 6) du pli C paraît à son tour. Le synclinal interne du Lias moyen n° 7, toujours présent depuis le Col de la Forclaz sur Trient, précède le Trias de bordure n° 8. On ne peut qu'être frappé de la régularité de construction de la zone de Chamonix dont tous les détails tectoniques se retrouvent semblables à eux-mêmes à 40 km d'intervalle.

Poursuivons encore vers le SW les différents niveaux de la coupe du Truc et de Miage (pl. 7, coupe 8). Le Lias moyen renversé n° 2 se retrouve dans la forêt au NE des Contamines puis il disparaît sous le cône des Granges. Le Lias inférieur n° 3 de Truc se voit dans une déchirure du terrain au N des Granges. Quant aux noyaux triasiques n°s 4 et 6 ils s'épaississent fortement et malgré l'épais revêtement glaciaire du plateau de Truc, on les suit à la trace jusqu'aux Contamines grâce aux phénomènes de dissolution. Ils déterminent au S des chalets de Truc une dépression emplie par de la moraine de fond puis dans la forêt, près de la bifurcation du chemin avec le sentier venant des Granges, une série d'entonnoirs se creusent sur leur trajet; un autre entonnoir se voit encore à l'E du hameau des Granges. La zone gypseuse très large qui appartient au pli C, franchit le Bon Nant entre les Contamines et Cugnon (pl. 7, coupe 10). Il sort de ce pli, au sud du Baptieu, un coin de schistes chloriteux dont l'axe se relève rapidement vers le Col du Joly et qui forme la colline de Montjoie. Ritter voyait dans cet élément un prolongement du Prarion. C'est, pour nous, un coin cristallin de la zone de Chamonix semblable à celui de la Chenalette; ce dernier formait le cœur du pli B et nous faisons connaissance au Baptieu avec celui du pli C.

En remontant la Combe des Granges, au delà de la grande zone triasique on retrouve un Lias moyen très épais continuant le niveau n° 7 de la Combe de Miage; entre ce terrain et le cristallin du Mont Blanc, le Lias inférieur et le Trias sont encore visibles.

Nous avons revu la coupe du torrent de Cugnon que RITTER a publiée; elle s'est montrée plus compliquée que cet auteur ne la voyait. Sur la rive droite du cours d'eau au NE du hameau de Cugnon, on peut relever d'aval en amont (pl. 7, coupe 9).

1. Lias moyen.
2. Lias inférieur.
3. Trias. Cargneules et calcaires dolomitiques.
4. Lias inférieur.
5. Trias.
6. Lias inférieur.
7. Schistes cristallins broyés qui se marquent par un couloir étroit et abrupt.
8. Schistes chloriteux du Mont Blanc.

Nous avons vu que le pli C traversait le Bon Nant entre les Contamines et Cugnon. La coupe précédente ne peut donc représenter que des éléments plus internes. Avec les Trias n°s 3 et 5 nous voyons apparaître dans la zone de Chamonix deux plis nouveaux, les plis D et E. Le Lias moyen n° 1 correspond alors au synclinal envisagé comme le plus interne jusqu'aux Contamines.

Ces plis probablement fort écrasés et cachés en profondeur sous le recouvrement du Mont Blanc, sont mis à jour grâce à la dilatation de la zone de Chamonix, résultant elle-même de la retombée axiale du Prarion.

La trace de ces nouveaux plis se poursuit sur le versant gauche du torrent de Cugnon; en effet, le chemin du pavillon de Trélatête recoupe dans la forêt à peu de distance au dessus du hameau de Cugnon une zone de calcaires dolomitiques. Nous avons identifié entre Notre Dame de la Gorge et Nantborrant les coins cristallins, sur lesquels se moulent ces nouveaux plis D et E; ils seront étudiés dans un prochain travail.

Considérations générales.

La nappe de Morcles s'enracine dans la zone de Chamonix. Elle s'est avancée vers le NW sur la série autochtone des Aiguilles Rouges. Dans la vallée de Saint-Gervais s'intercale sur le plan de chevauchement une lame de Carbonifère arrachée au bord interne du Prarion. Cette lame, homologue des mylonites de Morcles, a une portée mesurable de 5 km. En arrière d'un élément externe A, sur lequel nous reviendrons encore, s'échelonnent quatre plis secondaires B, C, D et E, qui se moulent chacun sur un coin cristallin.

LUGEON et OULIANOFF ont signalé dans le massif de la Croix de Fer, deux lames de gneiss qu'ils considèrent comme des éclats du Mont Blanc, pénétrant sans aucune règle dans la série sédimentaire. La première de ces deux esquilles est celle

de la Chenalette, (pli B), la seconde ainsi qu'il a été dit, ne nous paraît être qu'une mylonite de rabotement.

Mais l'étude que nous avons faite des anticlinaux de la zone de Chamonix, montre qu'il s'agit bien de plis régulièrement constitués, quoique le plus souvent fort écrasés. Ils sont dus au jeu des lames du substratum cristallin et se poursuivent sur toute la partie visible du front NW du Mont Blanc. Les coins cristallins de la zone de Chamonix forment donc le cœur des plis et se montrent comme tels dans le ravin de la Chenalette (pli B) et près du Baptieu (coin de Montjoie, pli C).

Buxtorf et Collet (5) ont récemment parallélisé les coins cristallins que recèle la zone de Chamonix avec les coins de paragneiss du Lötschental.

Ces éléments sont en effet homologues, c'est sur eux que s'enracine la nappe de Morcles-Doldenhorn et ils appartiennent à une même zone extérieure aux massifs granitiques du Mont Blanc et du Bietschhorn.

Une particularité remarquable du contact de la nappe avec les Aiguilles Rouges dans la zone de Chamonix, réside dans l'absence complète d'un flanc renversé.

Tout se passe comme si elle n'était constituée que par une série normale (A) décollée puis charriée sur l'avant pays, une série normale débutant par le Lias moyen, — peut-être parfois par le Trias, — surmonté des schistes toarciens et aaléniens. Nous avons vu qu'en deux points privilégiés, les argiles toarciennes du superstratum ont flué sous la barre de Lias moyen en simulant un flanc renversé.

La nappe de Morcles paraît être du type brisant ou du second genre, selon Termier, et les plis B, C, D et E provoqués par le jeu des lames cristallines du substratum sont des plis secondaires qui compliquent une série normale charriée.

Ils sont comparables aux plis du Lias déterminés par les coins cristallins du Männlihorn, du Laucherspitz et du Nieven, dans la région du Lötschenpass et qui provoquent un foisonnement intense dans le Dogger du Rinderhorn et du Balmhorn (24).

II. L'INFLUENCE DE LA FORME DE L'OBSTACLE SUR LA TECTONIQUE DE LA ZONE DE CHAMONIX

C'est au cours de la phase insubrienne du plissement alpin (2) que le massif central du Mont Blanc, comprimant définitivement la région schisteuse située entre lui et le bord hercynien des Aiguilles Rouges, avec les sédiments qu'elle portait, provoqua le déclanchement de la nappe de Morcles, la plus jeune des nappes helvétiques. La complexité des phénomènes tectoniques que présente la zone de Chamonix, est telle qu'il est nécessaire de décomposer l'effet méca-

nique total, en celui produit dans chacune des unités coopérantes. Nous étudierons donc successivement comment ont réagi, sous le jeu des forces tectoniques : 1° la bordure SE des Aiguilles Rouges ; 2° la couverture autochtone de celles-ci, 3° la nappe de Morcles.

1. La bordure SE des Aiguilles Rouges.

L'obstacle hercynien opposé au mouvement de la nappe de Morcles, était compliqué par des accidents longitudinaux, soit au total, trois dépressions axiales et deux culminations (fig. 11). Cette structure constitue une donnée capitale du problème à résoudre. On sait qu'à partir de la région de Gastern, la chaîne hercynienne plonge axialement et ne reparait qu'à Saillon près de Saxon, déterminant ainsi un ensellement de grande envergure, l'intervalle Gastern-Aiguilles-Rouges. Entre Saillon et Trient le front SE des Aiguilles Rouges présente une culmination secondaire avec l'Arpille (2082 m). Entre ce petit massif et l'Aiguillette de Vallorcine (2156 m), se creuse l'ensellement de la Croix de Fer, profond de 200 m environ aux Preises (1800 m). Cet ensellement est dû au synclinal permo-carbonifère de Salvan-Finhaut qui, longitudinal jusqu'à cette dernière localité, devient oblique et passe dans la vallée de Chamonix, en franchissant l'Arpille du N au S.

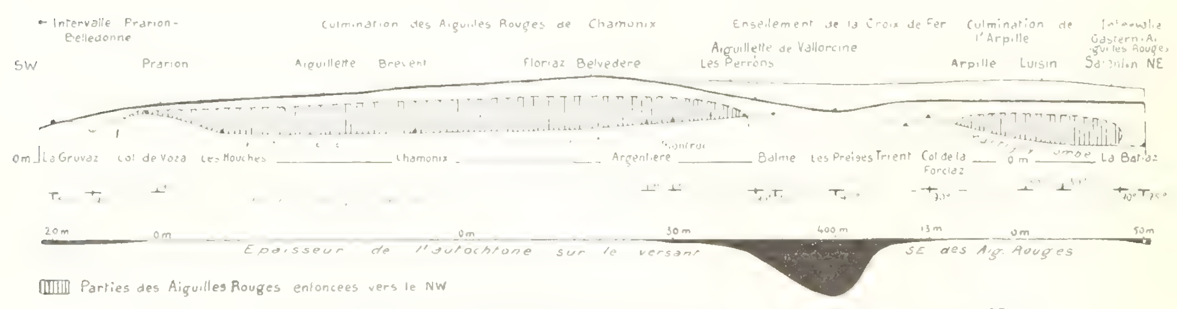


Fig. 11. — La zone d'affrontement de la nappe de Morcles entre le Rhône et le Bon Nant (Vallée de Saint-Gervais).

L'axe des Aiguilles Rouges se relève jusqu'au Belvédère (2966 m), se maintient longtemps à une grande altitude et ne s'abaisse qu'à partir du Brévent (2525 m), vers le Prarion (1968 m), et les Contamines, inflexion profonde qui n'est autre que l'intervalle Prarion-Belledonne. La résistance à l'avancement d'une nappe étant fonction de l'altitude de l'obstacle au-dessus du niveau de poussée, on devra s'attendre à constater des déformations plus profondes devant les culminations des Aiguilles Rouges que devant les ensellements.

Le tableau suivant résume les observations faites à ce sujet entre Martigny et la vallée de Saint-Gervais sur la bordure des Aiguilles Rouges.

Localités	Altitudes	Plongements mesurés dans l'autochtone [1]	Epaisseur des terrains autochtones	Accidents longitudinaux du rebord hercynien
La Bâtiaz	470 m	70-85° SE	50 m env.	Intervalle Aiguilles Rouges-Gastern.
Les Rappes	960 m	30° NW*	0 m	
La Fontaine.....	1020 m	70° NW*	0 m	Culmination de l'Arpille.
Le Cergneux	1110 m	50° NW*	0 m	
Col de la Forclaz .	1530 m	70-90° SE	13 m	
Catogne	1800 m	40° SE	400 m	Ensellement de la Croix de Fer.
Chalets de Balme.	1980 m	60° SE	?	
SE de l'Aiguillette	2000 env.	60-90° NW	100 m env.	
Montroc........	1400 env.	40° NW	30 m env.	Culmination des Aiguilles Rouges.
Col de Voza.....	1675 m	42° NW*	0 m	
La Gruvaz	1250 m	50° SE	20 m env.	Intervalle Prarion-Belledonne.

[1] Les plongements marqués d'un * sont mesurés dans le parautochtone.

B. STUDER (41) observa le premier que dans la vallée de Chamonix les terrains sédimentaires s'enfonçaient au NW sous les Aiguilles Rouges. Ce phénomène d'abord nié, puis reconnu exact par A. FAVRE (11), tomba par la suite dans l'oubli.

Nos recherches dans la zone de Chamonix (32) nous ont montré que les deux régions culminantes du front des Aiguilles Rouges ont été enfoncées par la poussée insubrienne et qu'elles ont ainsi acquis localement une structure en éventail. Ces faits sont observables: 1° dans la Combe de Martigny; 2° dans la vallée de Chamonix. A Saillon comme à la Batiaz, l'autochtone plonge normalement au SE, car nous sommes ici dans l'intervalle Gastern-Aiguilles Rouges. Mais à partir du Sommet des Vignes, au-dessus de Martigny, sur une distance de 5 km le long de la Combe et jusqu'aux abords du Col de la Forclaz, les plongements se font sous l'Arpille, au NW; le retour de la région culminante de ce petit massif a déterminé une poche, une niche dans laquelle les sédiments parautochtones se sont accumulés (fig. 12).

Au Col de la Forclaz, le plongement, repassant par la verticale, se fait de nouveau vers le SE en atteignant un minimum de 40° au centre de l'ensellement de la Croix de Fer. Les couches autochtones redeviennent verticales au SE de l'Aiguillette, pour s'infléchir encore une fois au NW sous les Aiguilles Rouges dont l'axe se relève. Sur une distance de 21 km $^1/_2$, jusqu'au torrent de Bionnassay, on constate la persistance de cette structure en éventail des Aiguilles Rouges. L'inter-

valle Prarion-Belledonne provoque, à partir de Bionnassay, le retour du plongement au SE.

Il se produit donc tout au long du front SE des Aiguilles Rouges une variation régulière des plongements en relation étroite avec les accidents du profil longitudinal. Le retour des régions culminantes a déterminé dans l'infrastructure hercynienne deux poches de dimensions inégales.

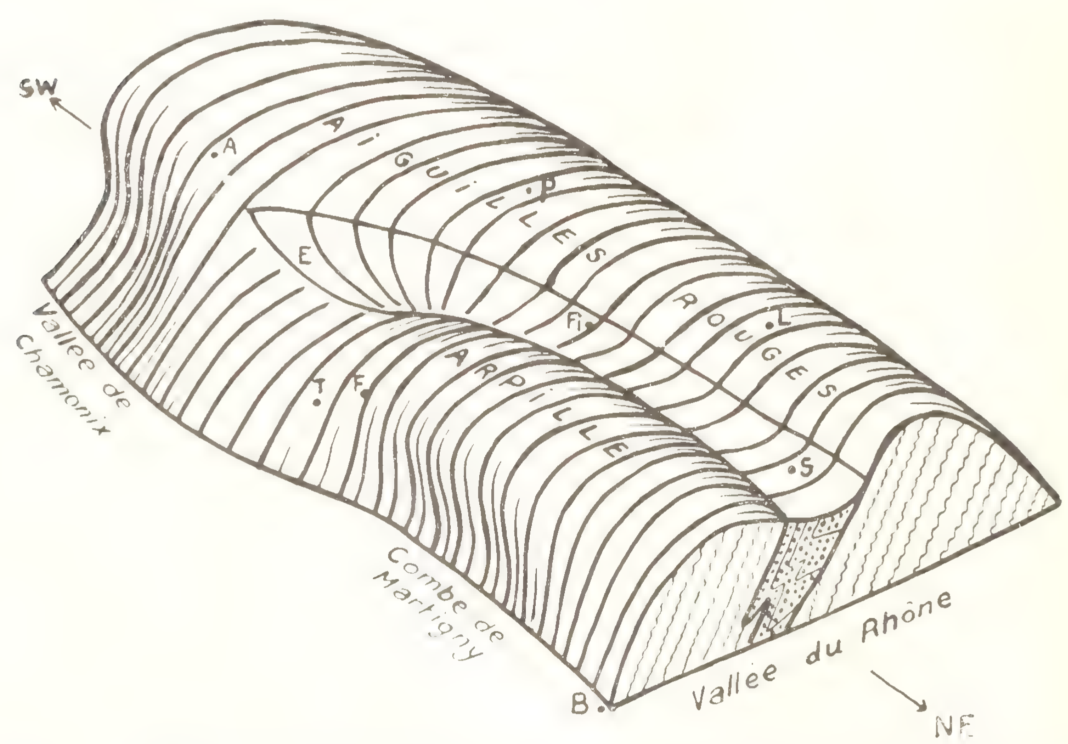


Fig. 12. — Stéréogramme des Aiguilles Rouges et de l'Arpille entre la vallée du Rhône et celle de l'Arve.
A, Aiguillette de Vallorcine; B, Tour de la Batiaz; E, Ensellement de la Croix de Fer; F, Col de de la Forclaz; Fi, Finhaut; L, Luisin; P, les Perrons; S, Salvan; T, Trient.
Ce stéréogramme est un essai de reconstitution de la surface hercynienne avant l'érosion post-alpine.

Argand (1, 2) a considéré l'intumescence générale des Aiguilles Rouges comme le renflement préliminaire d'un coin naissant. Or, le plissement en retour de l'infrastructure, deux fois répété entre Martigny et la vallée de Montjoie, est une preuve qui s'ajoute à celles que donne cet auteur. On le voit, le rétroplissement par sous-charriage, n'est pas limité aux nappes pennines et austro-alpines, il affecte aussi le bord interne de l'obstacle hercynien.

2. La couverture autochtone des Aiguilles Rouges.

Soumise à une pression modérée, la série autochtone se lamine et diminue d'épaisseur. Sous un effort plus considérable, quand par exemple le plan d'affron-

tement est voisin de la verticale, la série se décolle de son substratum et, entraînée perd ses termes inférieurs qui s'usent progressivement. La carapace cristalline, râclée à son tour se résoud, au contact mécanique, en une bouillie qui, se mélangeant avec les sédiments triturés, produit une mylonite spéciale, sorte de brèche ou de quartzite grossier, calcifère, verdâtre ou bariolé de vert et d'orangé.

Le décollement se fait souvent à plusieurs niveaux simultanément. Les couches compactes cheminent alors sur les couches schisteuses. Quand l'effort est plus considérable encore, comme par exemple sous le retour des culminations (Arpille et Vallée de Chamonix), l'autochtone est réduit à zéro.

Examinons maintenant dans le détail comment l'autochtone se comporte en quelques points intéressants.

A la Bâtiaz, l'autochtone, épais de 50 m environ et plongeant de 70 à 85° au SE, s'est décollé sur l'Arpille et montre au contact une brèche cristalline. Plus en arrière, on peut relever encore deux plans de décollement. Entre le Sommet des Vignes et la Caffe près de la Forclaz, l'autochtone a été râclé complètement. Au Col de la Forclaz, le contact est marqué par des mylonites bariolées ; l'autochtone débute là par l'Argovien, le Dogger ayant disparu. Les mêmes mylonites de rabotement se retrouvent en deux points dans le ravin de Lavanchi, au contact avec le Permien. L'autochtone qui, dans le bas du couloir, mesure 20 m environ se pince complètement à la hauteur du Chalet des Tseppes, puis reprend subitement de l'épaisseur sous le sommet de Carraye. Les mylonites du Lavanchi prouvent que la série autochtone a subi une légère translation, mais au-delà du Col des Tseppes, aux Preises, le Bajocien incrusté sur l'Arpille ne porte aucun indice de déplacement ; à peine peut on voir au sommet du Dogger, une légère surface de friction.

Dans l'ensellement de la Croix de Fer, la série normale est fréquemment surmontée par des marbres gris ou des calcaires rappelant le Malm qui supportent directement la nappe de Morcles. Il se pourrait que ce fût là l'intercalation d'une lame arrachée à l'autochtone dans une région plus interne. Si l'on suit le Malm n° 5 de la coupe p. 405 dans la direction de la frontière franco-suisse, on constate bientôt qu'il s'est doublé en se servant des schistes argoviens comme d'un lit mobile. A deux reprises, au SE de l'Aiguillette de Vallorcine puis au-dessus du Tour, à mi-distance entre les Posettes et Montroc, la direction de l'autochtone change brusquement, devient NS pour reprendre peu après l'orientation moyenne NE-SW. Ces anomalies traduisent des accidents secondaires de la carapace cristalline. Dans la seconde de ces deux localités cette irrégularité augmentant l'effet du laminage a provoqué la disparition locale du Trias et du Dogger. Au-dessous du Trias renversé de Montroc (voir p. 376), le Dogger manque aussi et, sur sa trace, des plissotements sont visibles.

Les éboulis et les dépôts glaciaires masquent jusqu'aux Tines le contact des Aiguilles Rouges. Les schistes lie-de-vin du Permien affleurent dans le village d'Argentière (au NW de la route du Tour) où ils plongent de 40° au NW. Aux Raffорts, près des Tines, l'autochtone semble manquer et l'unique pointement mésozoïque qu'on y peut relever, un calcaire spathique broyé, sans stratification, doit être attribué à la série parautochtone A. Au Col de Voza et sur son versant NE le plongement du Carbonifère et du parautochtone se fait sous le Prarion, l'autochtone a été chassé complètement de cette région mais il se retrouve à l'W du Col sous forme d'une ou de deux séries superposées de Trias. C'est que là, le retour de la culmination des Aiguilles Rouges de Chamonix s'atténue; le plan d'affrontement devient vertical, en effet, au passage du torrent de Bionnassay.

L'autochtone dans la région de St-Gervais est limité au Trias par suite du décollement et de la translation en avant des séries supérieures. Nous reviendrons plus loin sur ce phénomène.

3. La nappe de Morcles.

Les inégalités de l'obstacle hercynien se traduisent sur la nappe de Morcles par une usure plus ou moins grande de l'élément externe A. Ainsi, le coussinet de schistes toarciens qui s'intercale sous le Lias moyen de A n'existe que dans les zones de décompression, dans l'ensellement de la Croix de Fer et au-dessus de la Gruvaz, dans l'intervalle Prarion-Belledonne.

L'état du Lias moyen externe exprime bien la violence de l'effort subi par cette couche chargée d'affronter l'obstacle. Pincé à l'extrême au-dessus des Rappes, sous la culmination de l'Arpille, le Lias moyen a flué le long de la cuirasse cristalline de ce massif, cherchant un passage plus libre vers le NE. De cette fuite générale des couches inférieures de la nappe est résulté un véritable affolement tectonique. Dans le vignoble de Martigny, sur la rive gauche de la Dranse, les replis s'enchevêtrent, les directions et les plongements n'obéissent plus à aucune règle. Dans les carrières ouvertes sur la rive gauche, à l'ouest de l'ancien cimetière de Martigny, les ondulations sont transversales, l'axe des plis étant dirigé NW-SE soit perpendiculairement à la direction générale de la zone de Chamonix. Le Lias moyen s'épaissit de nouveau à partir du Col de la Forclaz, atteint un maximum sous la Croix de Fer et disparaît encore à partir de la région de l'Aiguillette de Vallorcine; à Montroc, au Col de Voza, il est toujours absent, mais au-delà de ce dernier point il reprend de la puissance et mesure 35 m environ à la Gruvaz.

Nous avons dit que Buxtorf et Collet ont parallélisé les coins de paragneiss du Lötschental, sur lesquels s'enracine la nappe du Doldenhorn, avec les coins cristallins de la zone de Chamonix. Mais tandis qu'ils sont largement développés et mis

à nu par l'érosion dans le Lötschental et la région de la Jungfrau, ils se cachent en profondeur dans la vallée de Chamonix. Nos profils montrent que la zone mésozoïque, objet de cette étude, s'élargit presque partout en profondeur comme une amphore sous le Mont Blanc qui la chevauche et sous les Aiguilles Rouges défoncées vers le NW par le choc insubrien. C'est dans ce curieux réceptacle que sont contenus les coins cristallins de Chamonix. Sous la Croix de Fer et dans la vallée de Saint-Gervais, la bordure des Aiguilles Rouges n'étant plus concave, le volume du réceptacle en est diminué d'autant, et les coins cristallins chassés vers le haut apparaissent en boutonnières dans le ravin de la Chenalette (ensellement de la Croix de Fer) et dans la colline de Montjoie (intervalle Prarion-Belledonne). Ces phénomènes sont donc, encore une fois, commandés par les singularités du rebord hercynien.

C'est aussi dans l'intervalle Prarion-Belledonne que l'obstacle, relâchant son étreinte, deux nouveaux plis émergent à la lisière du Mont Blanc, dans le ravin de Cugnon, les plis D et E. Le pincement brusque du Lias moyen de la Pointe du Van et de la Croix de Fer à partir du Col de Balme vers le SW, est dû au cisaillement de ces calcaires sur le bord méridional de l'ensellement de la Croix de Fer. Ils ont subsisté dans la dépression protectrice comme des rondelles de métal restent incluses dans un emporte-pièce.

L'arrachement et la translation de la couverture de l'avant-pays.

Nous avons dit qu'entre les Houches et les Contamines, la série autochtone n'est représentée que par le Trias. Nous savons en outre, d'après les levés de Haug (15), que la même lacune existe sur le pourtour de la fenêtre de Mégève. Ce phénomène remarquable peut s'expliquer par les considérations suivantes.

Grâce à la retombée axiale du Mont Blanc, des Aiguilles Rouges et du massif de Belledonne entre Beaufort et Saint-Gervais, grâce au chenal dépourvu d'inégalités importantes qui en est résulté, l'avancée maximum de la nappe de Morcles-Aravis s'est faite sur la transversale Col du Joly-Saint-Julien-en-Genevois où sa portée mesure 22 km environ.

Sous la pression tangente du front de la nappe, la couverture autochtone de l'avant pays hercynien s'est décollée immédiatement au-dessus du Trias sur un mode identique à l'Abscherung du Jura plissé, mise en lumière par A. Buxtorf. Les séries du Jurassique au Tertiaire, arrachées à partir de la zone de Chamonix et entraînées vers le NW, se sont plissées et accumulées devant le front des Aravis, tout comme en poussant un meuble lourd, on voit sur le sol un tapis entraîné par l'objet se plisser et s'accumuler au devant de lui. Ainsi sont nés les plis des Bauges

et les chaînes du Genevois entre le Reposoir et La Roche dont le mouvement a continué jusqu'au déversement des plis externes sur la mollasse aquitanienne des Bornes.

La tectonique de la virgation qui s'étend entre l'Isère et l'Arve est commandée par celle de la nappe de Morcles-Aravis. Mais deux causes perturbatrices ont gêné son expansion et lui ont donné sa forme. C'est d'abord au NE le bloc des Préalpes du Chablais, contre lequel les extrémités des plis des Vergys, de Leschaux et du Brezon viennent se traîner et s'atténuer[1]. Puis c'est au SW le relèvement d'axe de la chaîne de Belledonne qui restreint du même coup la portée de la nappe et la translation de l'autochtone décollé. En effet, du Semenoz aux Bauges on voit les chaînes bordières cheminant du N au S se rapprocher peu à peu du contour hercynien et se paralléliser avec lui. Comme on le voit la limite du décollement du Jura plissé doit être recherchée plus au sud qu'on ne le pensait. En Haute-Savoie le décollement s'amorce déjà sous la nappe de Morcles-Aravis, à partir de la bordure NW, de la zone de Chamonix. La virgation du Genevois est donc, au point de vue tectonique, le trait d'union qui joint le Jura plissé aux Alpes.

Les homologies y gagnent aussi en clarté. C'est avec les replis de l'autochtone décollé de Monthey qu'il faut désormais paralléliser les plis du Genevois et le Rocher de Cluses.

Le Salève même trouve sa place dans ce système. Si la formation de cette chaîne était due à la mise en place des Préalpes comme le pensent E. JOUKOWSKY et J. FAVRE (17), il devrait se trouver aux environs de Thonon devant le front de l'arc du Chablais. Mais il lui est excentrique et placé, par contre, sur la transversale de portée maximum de la nappe de Morcles-Aravis et s'allonge parallèlement au bord externe de la virgation du Genevois. En outre, les déformations les plus importantes du Salève se voient dans la partie SW de la chaîne (Décrochement de Sillingy) alors que l'influence des Préalpes diminuerait au contraire dans cette direction d'après Argand (2, pl IV fig 17).

Le pli du Salève et ses fractures transversales sont, à notre avis, d'âge insubrien et liés à l'avancée de la nappe de Morcles-Aravis.

La question des klippes des Annes et de Sulens doit encore être effleurée ici. Elles se trouvent actuellement à la limite entre l'autochtone plissé (Vergys) et le front de la nappe des Aravis. Ces fragments de la nappe des Préalpes médianes ont pu être primitivement déchargés dans la zone de Chamonix ou bien sur les terrains autochtones avant leur plissement. Or, dans l'un ou l'autre cas, les klippes en question ont subi pendant la mise en place de la nappe de Morcles-Aravis, au

[1] Phénomène déjà signalé par M. LUGEON (20).

cours de la phase insubrienne, un transport passif d'une vingtaine de km vers le NW.

Considérations théoriques.

Nous avons dit que la résistance opposée à un flux géologique est proportionnelle à l'altitude de l'obstacle. Il peut sembler paradoxal de rencontrer une série autochtone relativement épaisse au sommet du Belvédère (2966 m) sur la culmination des Aiguilles Rouges et de voir, au contraire, tout le complexe autochtone décollé et chassé en avant dans la dépression axiale Prarion-Belledonne qui s'abaisse jusqu'à 1000 m environ. Ceci demande quelques développements.

Supposons un flux très visqueux s'écoulant sous une forte surcharge, contre un obstacle et le franchissant (fig. 13). Considérons cet obstacle comme relativement rigide mais recouvert d'un manteau de terrains plastiques. Ces deux éléments réagiront très différemment suivant l'altitude de l'obstacle au dessus du niveau de poussée, et suivant l'angle d'incidence de la poussée c'est-à-dire, puisqu'il s'agit d'un effort tangentiel, de l'inclinaison du talus ou du plan d'affrontement.

Trois cas peuvent se présenter :

1[er] cas. L'obstacle est peu élevé et le plan d'affrontement est faiblement incliné (fig. 13, I). Soient i l'angle d'incidence de la poussée, h la dénivellation à franchir entre les deux paliers, et R la résultante. La poussée, en atteignant l'obstacle, se décompose en une composante verticale nécessitée par la différence d'altitude h, et une composante horizontale. La première est forcément peu importante, puisque h est petit; par compensation, la seconde y gagne en puissance et reste considérable quand le flux ayant franchi la zone d'affrontement s'étale sur l'avant pays. L'obstacle a résisté dans son ensemble, mais sa couverture plastique autochtone soumise à la forte composante horizontale s'est décollée sur un niveau inférieur, faisant fonction de lit mobile.

Ces conditions sont réalisées dans la dépression axiale Aiguilles Rouges-Belledonne, où l'autochtone décollé sur le Trias a été chassé en avant par la nappe de Morcles-Aravis. En effet, la série de couverture est réduite au Trias au Col de Voza, à la Gruvaz et autour de la Fenêtre de Mégève.

2[me] cas. L'obstacle est plus élevé et le plan d'affrontement très incliné. Posons $i' < i$, $h' > h$ et R' = R (fig. 13, II). L'angle d'incidence étant plus petit, le frottement sur le talus s'accroît et l'autochtone s'y trouve laminé, aminci. L'altitude plus grande détermine une composante verticale qui prédomine sur l'horizontale. Aussi le flux, parvenu sur le palier supérieur ne dispose-t-il plus d'une force suffisante pour le décollement global de l'autochtone. Ce dernier n'est que partiellement décollé, les couches compactes jouent à différents niveaux sur les couches schisteuses. On

observe des pincements et des duplications. Ce cas se trouve réalisé dans la région comprise entre le Col de la Forclaz et l'Alpe de Balme où les plongements varient de 90 à 40° et entre la Bâtiaz et les Rappes où ils passent de 75 à 90°.

Nous avons signalé, en effet, dans ces régions, un laminage intense sur le plan d'affrontement et des décollements nombreux dans l'autochtone de la Croix de Fer. Sur la carapace des Aiguilles Rouges, entre Martigny et St-Maurice, les décollements restreints sont la règle. La translation de l'autochtone sur le Trias resté en place a été décrite pour la première fois par SCHARDT (48) sous la Dent du Midi, puis ce même phénomène a été observé sous les Dents de Morcles par LUGEON (23) et au Col du Jorat par de LOYS (19).

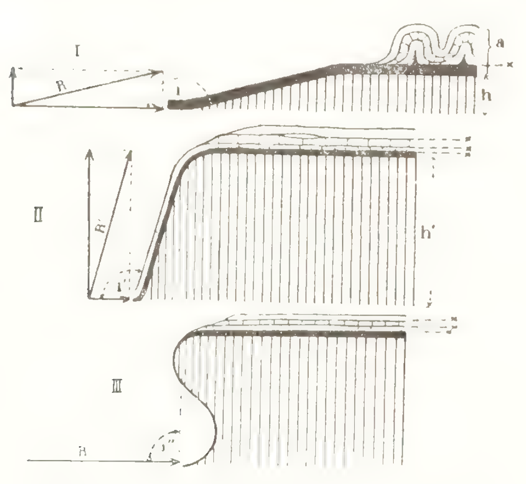


Fig. 13. — Déformations subies par la zone d'affrontement, au passage d'une nappe.
- - - - × Plans de décollement.

3me cas (fig. 13, III). Le plan d'affrontement atteint à un moment donné la verticalité, il devient perpendiculaire à la poussée tangentielle. i'' vaut 90° et posons $R'' = R$. Les deux composantes, verticale et horizontale, n'existent plus et tout l'effort se concentre en un seul point sur l'obstacle. Celui-ci ne pouvant résister est enfoncé. Un temps d'arrêt puis, la poche une fois remplie par les remous, la matière continue à s'écouler par le haut, mais après avoir laminé et réduit à rien la couverture autochtone dans la zone de choc. Sur le palier supérieur, la série en place se décollera et se pincera tout comme dans le cas précédent. Ce troisième cas s'illustre fort bien par les deux défoncements des Aiguilles Rouges de Chamonix et de l'Arpille et par l'absence presque constante de l'autochtone dans ces régions en éventail. Les décollements locaux sur les culminations décrits par de LOYS au Col d'Emaney (19) et par COLLET et PARÉJAS (7) dans le chapeau sédimentaire du Belvédère, semblent aussi se justifier par les considérations précédentes.

Les phénomènes tectoniques sur la bordure du Mont Blanc.

Le Mont Blanc chevauche la zone de Chamonix dont les éléments internes plongent uniformément de 45 à 50° sous le massif. Les terrains mésozoïques, au contact, ne montrent pas des traces d'un dynamométamorphisme bien intense; on trouve, par exemple, au Col de Tricot, des Ammonites bien conservées à moins de

50 m du Cristallin. Un léger plan de friction se marque entre le Mont Blanc et le Trias dans cette localité (voir p. 386). Sur le versant SW du même col, un phénomène plus important se manifeste, c'est l'intrusion d'une écharde de gneiss dans les quartzites triasiques de base visiblement bousculés eux-mêmes. Plus au SW dans le ravin de Cugnon, nous avons déjà signalé (p. 418) un plan de friction au contact du Mont Blanc.

On pourra s'étonner de ce que les effets de la résistance des Aiguilles Rouges n'aient pas été plus considérables sur le sédimentaire de la bordure interne, mais le Mont Blanc, sous la poussée pennique s'est résous en lames dont le jeu a absorbé la plus grande partie du travail résistant. Les coins cristallins de la zone de Chamonix extrêmement comprimés par la poussée ont aussi contribué à amortir le choc.

TROISIÈME PARTIE

MORPHOLOGIE

A. LES FORMES ET LES DÉPOTS GLACIAIRES

La topograhie révèle dans la région de Trient et de Chamonix plusieurs niveaux glaciaires qui se marquent par des replats ou des cirques sur le flanc des vallées. Le détail de cette étude ne peut toutefois être poussé très loin dans la vallée de Chamonix en raison de l'insuffisance cartographique.

Un premier niveau, aux environs de 1500 m semble jalonné par le Col de la Forclaz (1523 m), les Jeurs (1400-1200 m), le Col des Montets (1445 m), la terrasse de « Sur le Rocher » (1564 m), la Forclaz du Prarion (1556 m).

Un second niveau se marque entre 1950 et 2100 m avec le plateau de l'Arpille (2082 m), Bovine (1972 m), les Prélayes (2019 m), les Herbagères (2039 m), le Col des Tseppes (2012 m), Treutse à l'Aille (1996 m), le Cirque de Catogne (2066 m), l'Alpage de Balme (1973 m), le Cirque de Loriaz (2008 m), la terrasse inférieure de la Flégère (1877 m), le Montenvert (1910 m) et l'Alpage de Blaitière (1926 m).

Un troisième niveau existe probablement à 2400 m et se dessine au-dessus du Col de Balme sur l'arête NW des Grandes Autannes ; il forme le grand cirque au SSW du Col de Balme, la crête des Charmoz (2471 m), le Plan de l'Aiguille (2300 m) et la terrasse qui longe le pied des Aiguilles Rouges (fig. 9).

Les niveaux de 2400 et 2000 m appartiennent probablement aux glaciations antéwürmiennes, celui de 1500 m au Würmien.

Les derniers stades du retrait würmien se traduisent par des dépôts souvent bien conservés. Ainsi la route de Martigny au Col de la Forclaz coupe au NW des Rappes, un fluvio-glaciaire puissant à galets de protogine. Sur le flanc droit de la Combe, une moraine latérale importante s'amorce à l'est des Fratzes et descend par les points 871 et 692 jusqu'au Brocard. Plus à l'est une seconde moraine double extérieurement la première entre le Châtel et Combarigny. A la hauteur de la

Caffe (1276 m), un talus de moraine frontale supporte les prairies du Mintset; le Col de la Forclaz et la terrasse de Proz du Sex sont jonchés de blocs parfois énormes de protogine.

Il reste à citer dans cette région les cordons morainiques frontaux de la Giète (1883 m) sur le sentier de la Forclaz à Bovine. Le Col de la Forclaz (1530 m) qui domine Trient (1304 m) par une paroi de 200 m environ représente une vallée suspendue qui, au Würmien probablement, recevait un bras divergent du glacier de Trient; les blocs de protogine épars dans le vallon, le fluvio-glaciaire des Rappes semblent le prouver. La vallée de la Forclaz abandonnée par le glacier devint une vallée morte où ne circule plus actuellement qu'un maigre torrent, souvent à sec. Le glacier de Trient s'encaissa dans la vallée principale et au stade de Daun, peut-être, stationna en amont du village actuel de Trient. L'église et les plus anciennes habitations de cette localité sont construites sur une superbe moraine frontale, signalée déjà par A. Favre.

Dans le massif de la Croix de Fer, les formations glaciaires locales sont très nettes. Les chalets des Herbagères (2039 m) sont établis sur la moraine frontale d'un petit glacier issu du Col de Balme et dont une moraine latérale est encore visible à l'E du Col. Un fragment de cordon latéral se voit encore au NW du Point 2127 puis une série de moraines, de névés s'échelonnent de cette cote jusqu'à la hauteur du Point 2409.

Sur le versant NW du petit massif, un glacier daunien s'alimentait entre les crêtes de l'Aiguille, de l'Arolette, de la Croix de Fer et de la Pointe du Van, et descendait dans la direction de Catogne et des Esserts. Trois cordons morainiques latéraux sont visibles entre les Lanches et les Preises. Les chalets de ce dernier alpage (1748 m) sont bâtis sur un talus morainique frontal, riche en galets striés qui marque un stationnement du petit glacier de Catogne.

Au N de la borne-frontière n° 6 la barre inférieure de Malm autochtone en partie recouverte par de la moraine porte, à sa partie supérieure, près de l'intercalation d'Argovien schisteux sur lequel elle se redouble, des stries glaciaires superbement conservées. Le cirque qui abrite l'Alpage de Catogne est lui-même dû au surcreusement des schistes du Lias supérieur par le glacier local, derrière le verrou solide des calcaires du Lias moyen. Une tourbière occupe la partie aval de ce cirque.

Sur le versant SW du Col de Balme, un glacier plus important, probablement daunien aussi, le glacier de Balme (34), alimenté par le cirque limité par les arêtes des Grandes Autannes et de la Pointe de Beron, descendait vers Charamillon et le Tour. La région de Balme appartenait aussi au bassin d'accumulation de ce glacier car tous les alpages supérieurs sont couverts d'une moraine de fond souvent

épaisse (fig. 8, *d*). Le seul point où une moraine latérale soit encore visible est à l'E des lacets inférieurs du chemin muletier qui du Tour conduit au Col de Balme (*e*).

La langue terminale devait se loger entre cette moraine latérale gauche et les pentes qui soutiennent les Posettes à l'altitude de 1500 m environ. Pendant le stationnement, un drainage périphérique édifiait un cône d'alluvions qui domine encore au N la plaine du Tour (*b*). Le glacier de Balme disparu, rien n'alimentait plus ce cône éphémère. En même temps, au contact des schistes cristallins du Mont Blanc, la Creuse de Verménaz ou Vormaine s'excavait rapidement dans le Trias et le Lias inférieur; le torrent issu de cette gorge récente construisait l'immense cône qui occupe la presque totalité de la plaine du Tour (*c*). Le torrent de Balme, de son côté, joignait à ces alluvions, son cône plus restreint (*a*). Une nervure sur laquelle le village du Tour est bâti se marqua à la rencontre des deux cônes et la double déclivité qui en résulta, refoula latéralement le lit des torrents de Balme et du Tour. Quant au cône de drainage périphérique, sectionné à l'E par le torrent de Balme et à l'O par celui de Verménaz, il n'en subsiste plus qu'un talus bastionné, haut d'une cinquantaine de mètres au-dessus des champs du Tour.

Deux grosses moraines latérales obstruent la vallée de Chamonix; une ancienne moraine latérale droite du glacier d'Argentière forme la colline du Planet, puis plus loin la moraine latérale droite du glacier des Bois resserre la vallée en amont des Tines obligeant l'Arve à de tumultueux rapides. Peu de faits intéressants dans la vallée de St-Gervais; citons pourtant la moraine de fond épaisse qui couvre la croupe du Pavillon de Bellevue, les trois anciens cordons morainiques latéraux droits du glacier de Bionnassay visibles entre le Planey et le village de Bionnassay, et les moraines de névés, très développées dans la combe au NE du Col de Tricot.

Sur le plateau de Truc, la moraine de fond a colmaté des entonnoirs dus à la dissolution du gypse, il en est résulté, au sud des chalets, un petit lac et des stagnations d'eau.

B. L'ÉROSION

La présence, au contact des schistes cristallins du Mont Blanc, du Trias et des marnes du Lias inférieur, terrains peu résistants à l'érosion, a déterminé une série de cols et de profonds ravins sur la bordure du massif. Ces dépressions caractéristiques se succèdent dans l'ordre suivant, du SW au NE: Col de Truc (1800 m) environ, Col de Tricot (2133 m), Col du Mont Lachat, Nant de la Griaz, Creuse de Verménaz ou de Vormaine, Col de Balme (2201 m), Nant Noir.

Les calcaires du Lias moyen des plis B et C, exceptionnellement les calcaires

sinémuriens (Truc), s'érigent au NW de chacun de ces cols en une petite sommité souvent abrupte. Tels sont le Mont Truc (1833 m), le Mont Vorassay (2295 m), le Mont Lachat (2111 m), le groupe de la Croix de Fer (2346 m) et de la Pointe du Van (2283 m).

Dans le synclinal de Lias supérieur, siège d'une érosion facile et rapide, se sont taillés la Combe de Bionnassay, le Col de Voza, la Vallée de Chamonix et le Cirque de Catogne. Le verrou de Catogne, la Pointe de Carraye, les buttes qui portent les ruines de la Bâtiaz et de Saillon sont dues au Lias moyen de la série externe chevauchante. Quant au Col de la Forclaz et au vallon de Martigny-Combe, ils sont dus à une érosion sensiblement égale de tous les éléments de la zone de Chamonix. Toutefois, l'abrupt qui supporte l'alpage de Proz du Sex au SE du Col de la Forclaz est taillé dans le Lias moyen des plis internes.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

A. Stratigraphie.

Nous avons établi dans la zone de Chamonix l'existence de deux séries stratigraphiques différentes par leurs faciès et leur évolution; 1° la série autochtone, couverture des Aiguilles Rouges, et 2° la série parautochtone déposée entre le rebord hercynien des Aiguilles Rouges et le Mont Blanc actuel.

1. *Série autochtone.* — Dans le Trias de Montroc et des Posettes, dont l'existence était ignorée jusqu'ici, nous avons retrouvé le niveau des schistes à *Equisetum*. Cet horizon du Trias supérieur transgresse aux Posettes sur le Permien, marquant ainsi le littoral d'une île triasique, l'Ile de Balme. Pendant le Lias, les Aiguilles Rouges formaient, dans la région étudiée, une terre émergée, plus tard envahie par la transgression bajocienne. Les Ammonites découvertes dans le Dogger du soubassement de la Croix de Fer nous ont permis de reconnaître plusieurs des zones stratigraphiques de Haug. L'Argovien autochtone se montre avec les mêmes faciès et la même épaisseur que celui de la Suisse centrale et orientale. La série autochtone présente des lacunes nombreuses — Trias inférieur, Lias, Callovien-Oxfordien, Crétacique supérieur — suivies par autant de transgressions — Trias supérieur, Bajocien, Argovien, Nummulitique. Cette discontinuité dans la sédimentation, le caractère souvent néritique des dépôts, sont la règle dans la couverture des Aiguilles Rouges.

2. *Série parautochtone.* — Cette série généralement bathyale se rattache au type dauphinois. La transgression des trois niveaux du Trias s'est faite aussi sur la bordure N du Mont Blanc et cela de l'W à l'E. Nous avons signalé pour la première fois la présence du Rhétien dans la vallée de Chamonix, puis déterminé paléontologiquement l'Hettangien, le Sinémurien, le Domérien et le Toarcien. En observant la répartition des faciès, nous avons pu établir la bathymétrie des mers triasiques et liasiques. Au Trias inférieur l'extrémité NE du Mont Blanc se relève, probablement grâce à sa proximité plus grande du segment central de l'arc alpin. Cette extrémité s'affaisse au Sinémurien, tandis que la région SW est affectée à son tour par un mouvement d'ascension. Avec l'Aalénien, le NE se relève encore une fois. A ce balancement longitudinal relativement lent, s'ajoute un mouvement

oscillatoire général plus rapide qui provoque l'émersion du Mont Blanc au Rhétien et au Domérien. Les phases d'affaissement se marquent à l'Hettangien et à l'Aalénien par l'établissement d'un régime bathyal généralisé. La zone de Chamonix a joué pendant le Lias le rôle d'un géosynclinal entre le Mont Blanc et les Aiguilles Rouges. Le Mont Blanc se gauchit pour la première fois au Rhétien ; c'est donc à cette époque qu'il se différencie tectoniquement du rebord hercynien. Le géosynclinal dauphinois se divisait à partir du Col des Fours en une branche nord ou de Chamonix et une branche sud ou de Courmayeur.

B. Tectonique.

1. *La zone de Chamonix.* — Le « synclinal » de Chamonix des auteurs est une zone complexe dans laquelle on peut reconnaître une série externe parautochtone A, charriée vers le NW sur les Aiguilles Rouges. Cette série est compliquée par quatre plis secondaires plus internes, B, C, D et E, moulés chacun sur un coin cristallin. Ainsi que l'ont démontré Buxtorf et Collet, les coins de gneiss de la zone de Chamonix sont les homologues de ceux du Lötschental sur lesquels s'enracine la nappe du Doldenhorn.

2. *La nappe de Morcles.* — La série externe A n'est autre chose que la racine de la nappe de Morcles ; cette dernière s'enracine dans la zone de Chamonix. Sur le plan de chevauchement, on trouve parfois des lames triasiques puis dans la vallée de Saint-Gervais, une lame de Carbonifère arrachée au Prarion (Aiguilles Rouges). Cet élément qui a cheminé entre l'autochtone et la nappe est l'homologue des mylonites de Morcles dont la provenance est moins lointaine que ne le supposait M. Lugeon. Les gneiss mylonitisés de Morcles sont donc simplement une écaille détachée de l'Arpille par la nappe de Morcles dans la zone d'affrontement.

3. *Les Aiguilles Rouges.* — L'obstacle opposé à l'avancée de la nappe — les Aiguilles Rouges — était compliqué par deux culminations axiales (Arpille et région de Chamonix), deux ensellements principaux (Intervalles Gastern-Aiguilles Rouges et Prarion-Belledonne) et un ensellement secondaire celui de la Croix de Fer. Comme la résistance à l'avancement d'une nappe est proportionnelle à l'altitude de l'obstacle au-dessus du niveau de poussée, les déformations ont été plus violentes devant les culminations. En effet, sous la culmination des Aiguilles Rouges de Chamonix et celle de l'Arpille, le rebord résistant a été enfoncé vers le NW, donnant ainsi localement une structure en éventail aux Aiguilles Rouges. Dans ces régions, où l'effort tectonique a été le plus violent, la série autochtone a complètement disparu par laminage. D'autres phénomènes, comme les décollements partiels dans

l'autochtone du Belvédère, des cols du Jorat et d'Emaney, le cisaillement des calcaires du Lias moyen de la Croix de Fer au Col de Balme, les replis désordonnés visibles dans les environs de la Bâtiaz, sont tous déterminés par la forme de l'obstacle.

C'est dans l'intervalle Prarion-Belledonne que la nappe de Morcles-Aravis acquiert sa portée maximum (22 km). Dans cette région, l'autochtone de l'avant pays hercynien s'est décollé, au-dessus du Trias, sous la pression du front de la nappe puis, chassé en avant, il constitua les plis du Genevois. Les Klippes des Annes et de Sulens ont été de ce fait transportées passivement vers le NW. Le pli et les fractures transversales du Salève sont d'âge insubrien et liés à l'avancée de la nappe de Morcles-Aravis.

BIBLIOGRAPHIE

1. ARGAND, E. *Le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements.* P.V. Soc. vaud. sc. nat., 20 mars 1912.
2. ARGAND, E. *Sur l'arc des Alpes occidentales,* Eclogae geol. Helv., Vol. XIV, N° 1, 1916.
3. ARGAND, E. *Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes,* Actes Soc. Helv. sc. nat., 101e session, Neuchâtel. Aarau, 1921.
4. BERTRAND, L. *Les anciennes mers de la France et leurs dépôts.* Paris, 1921.
5. BUXTORF, A. et COLLET, L.-W. *Les relations entre le massif Gastern-Aiguilles Rouges et celui de l'Aar-Mont Blanc,* Eclogae géol. Helv., Vol XVI, N° 4, Bâle, 1921.
6. COLLET, L.-W. *Les Hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône,* Mém. Soc. phys. et hist. nat., Vol. 36, fasc. 4, Genève, 1910.
7. COLLET, L.-W. et PARÉJAS, Ed. *Le chapeau de sédimentaire des Aiguilles Rouges de Chamonix et le Trias du massif Aiguilles Rouges-Gastern.* C. R. Soc. phys. hist. nat.. Genève, Vol. 37, N° 2, 1920.
8. COLLET, L.-W. et PARÉJAS, Ed. *Stratigraphie du sédimentaire autochtone de la Jungfrau. I. Bajocien, Bathonien, Callovien,* C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, Vol. 38, N° 2, 1921.
9. DOUVILLÉ, H. *Une coupe géologique des environs de Chamonix,* C. R. somm. des séances de la Soc. géol. de France, N° 14, 17 nov. 1919.
10. DUPARC, L. et MRAZEC, L. *Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du Mont Blanc,* Mém. Soc. phys. hist. nat. Genève, t. XXIII, 1898.
11. FAVRE, A. *Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie,* Mém. Soc. phys. hist. nat., Genève, t. XV, 1859.
12. FAVRE, A. *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont Blanc,* 3 vol. et Atlas, 32 pl., Paris-Genève, 1867.
13. GAGNEBIN. E. *Les sources du massif de Morcles,* Bull. Soc. vaud. sc. nat., Vol. 51, Lausanne, 1916.
14. GERLACH, H. *Das südwestliche Wallis,* Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, Lief. 9, Bern, 1871.
15. HAUG, E. *Etudes sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie,* Bull. serv. carte géol. France, N° 47, t. VII, Paris, 1895.
16. HEIM, A. *Geologie der Schweiz,* 2 vol., Leipzig, 1916-1922.
17. JOUKOWSKY, E. et FAVRE, J. *Monographie géologique et paléontologique du Salève,* Mém. Soc. phys. hist. nat., Genève, vol. 37, fasc. 4, 1913.
18. KILIAN, W. et RÉVIL, J. *Etudes géologiques dans les Alpes occidentales,* Mém. carte géol. détaillée de la France, t. II, fasc. 2, Paris, 1917.
19. LOYS (DE), F. *Le décollement des terrains autochtones au col d'Emaney et au col du Jorat,* Eclogae géol. Helv., vol. XV, N° 2, Lausanne, 1918.
20. LUGEON, M. *Les dislocations des Bauges (Savoie),* Bull. Serv. carte géol. France, N° 7 7 t. 11, 1900.
21. LUGEON, M. *Sur la tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences,* C. R. Ac. Sc. Paris, 30 sept. 1912.

22. Lugeon, M. *Sur l'ampleur de la nappe de Morcles*, C. R. Ac. Sc. Paris, t. 158, p. 2029, 29 juin 1914.

23. Lugeon, M. *Sur l'entraînement des terrains autochtones en dessous de la nappe de Morcles*, C. R. Ac. Sc. Paris, t. 159, p. 192, 13 juillet 1914.

24. Lugeon, M. *Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander*, Mat. carte géol. Suisse, XXXe liv., Berne, 1914.

25. Lugeon, M. *Sur quelques charbons d'âge non carbonifère de la vallée du Rhône valaisan*, P. V. Soc. vaud. sc. nat., Lausanne, 20 fév. 1918.

26. Lugeon, M. Oulianoff, N. *Sur la géologie du massif de la Croix de Fer*, C. R. Ac. Sc. Paris, t. 171, p. 563, 27 sept. 1920.

27. Michel-Lévy, A. *Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles Rouges, Montagnes de Pormenaz et du Prarion*, Bull. Serv. Carte géol. France, N° 27, t. III, Paris, 1892.

28. Necker, L.-A. *Mémoire sur la vallée de Valorsine*, Genève, 1828.

29. Paréjas, Ed. *La partie sud-ouest du synclinal de Chamonix*, C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, Vol. 37, N° 2, 1920.

30. Paréjas, Ed. *Sur le Dogger fossilifère de la Croix de Fer (Synclinal de Chamonix)*. C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, vol. 37, N° 3, 1920.

31. Paréjas, Ed. *La géologie du synclinal de Chamonix*, C. R. Soc. phys. et hist. nat., Genève, vol. 38, N° 1, 1921.

32. Paréjas, Ed. *L'influence de la forme du rebord hercynien des Aiguilles Rouges-Arpille sur la tectonique du synclinal de Chamonix*, C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, vol. 38, N° 1, 1921.

33. Paréjas, Ed. *Sur le Trias de la bordure nord-ouest de la zone de Chamonix*, C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, vol. 38, N° 2, 1921.

34. Paréjas, Ed. *La Vallée de Chamonix*, Echo des Alpes, N° 7, 1921.

35. Paréjas, Ed. *Sur la tectonique du Mont Joly (Haute-Savoie) et des régions voisines*, C. R. Soc. phys. hist. nat., Genève, vol. 38, N° 3, 1921.

36. Renevier, E. *Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais*, Mat. Carte géol. Suisse, 16e liv. Berne, 1890.

37. Renevier, E. et Golliez, H. *Livret-Guide géologique*, VIe Congrès géologique international, Lausanne, 1894.

38. Ritter, E. *La bordure sud-ouest du Mont Blanc*, Bull. Serv. Carte géol. France, N° 60, t. IX, Paris, 1897-98.

39. Saussure (de), H.-B. *Voyage dans les Alpes*, Neuchâtel, 1779.

40. Schardt, H. *Coup d'œil sur la géologie et la tectonique des Alpes du Canton du Valais*, Bull. Soc. Murithienne des Sc. nat., t. XXXV, Sion, 1908.

41. Studer, B. *Geologie der Schweiz*, 2 vol., Berne-Zurich, 1851.

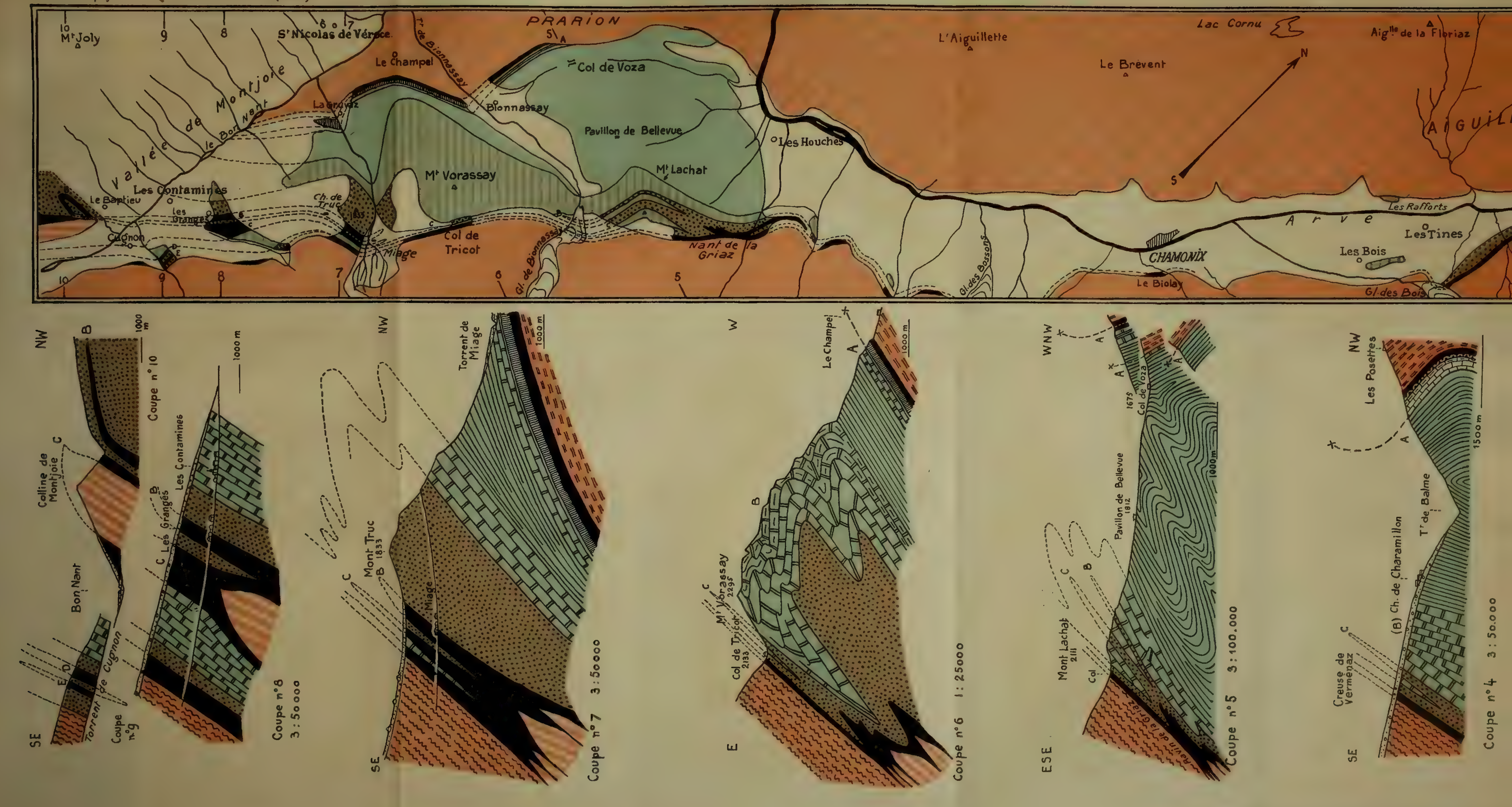
42. Swiderski, B. *La partie occidentale du massif de l'Aar entre la Lonza et la Massa.*, Mat. Carte géol. suisse, XLVIIe liv., Berne, 1919.

43. Termier, P. *Le Massif des Grandes Rousses*, Bull. Serv. Carte géol. France, N° 40 t. VI, 1894-95.

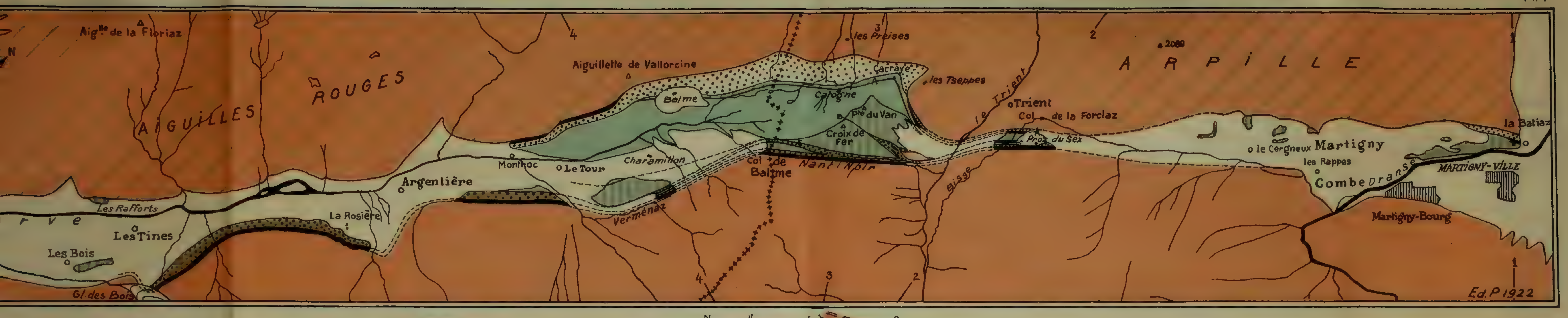
INDEX ALPHABÉTIQUE

TABLE DES MATIÈRES

Mém. Soc. phys. et hist. nat. Genève Vol. 39 (1922)



Ed. Paréjas, Géologie de la Zone de Chamonix.



Coupe n°4 3 : 50.000 — NW, SE; Les Posettes; (B) Ch. de Charamillon; T' de Balme; Creuse de Verménaz; 1500 m

Coupe n°3 3 : 50.000 — NW, SE; Les Preises 1748; Carraye; Catogne; Ple du Van 2283; Croix de Fer 2347; Col de Balme 2204; Les Tseppes 1987; Trient 1305; 1500 m

Coupe n°2 1 : 4000 — N, S; Col de la Forclaz 1530 m; Bisse; Proz du Sex; (B)

Coupe n°1 1:1000 — NW, SE; Carrières; Chemin; Tour de la Batiaz; Dranse

ESQUISSE TECTONIQUE
DE LA
ZONE DE CHAMONIX

PAR ED. PAREJAS

Echelle 1 : 50000

Légende de la Carte

- Autochtone des Aiguilles Rouges (Jurassique-Tert.)
- Lias supérieur
- Lias moyen
- Lias inférieur
- Trias
- Carbonifère
- Aiguilles Rouges
- Mont-Blanc
- Coins cristallins de la Zone de Chamonix

Légende des Coupes

- Alluvions actuelles Glaciaire
- Nummulitique
- Sidérolithique
- Aptien
- Crétacé inférieur
- Jurassique supérieur
- Argovien
- Dogger
- Calcaires broyés
- Aalénien
- Toarcien
- Lias moyen sl. Domérien
- Lias inférieur
- Trias
- Carbonifère
- Aiguilles Rouges Sch. crist. et Paléoz.
- Sch. cristallins du Mont-Blanc
- Coins cristallins de la Zone de Chamonix

e de la Zone de Chamonix.

INSTITUT GÉOGRAPH. DE KUMMERLY & FREY, BERNE.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-38 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXXVIII (1884-1921). Prix Fr. 50

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6

Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 39
Fascicule 8

Rapport présidentiel pour l'année 1922
par Amé PICTET

Esquisse de la carte des régions éruptives au nord du Tage
par Paul CHOFFAT
(Avec 2 planches et 1 portrait.)

Rapport présidentiel pour l'année 1923
par Raoul GAUTIER

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison

Prix : Fr. 5.—

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 8, VOLUME 39

Pages

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 8.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1922

PAR

Amé PICTET

Messieurs et chers Collègues,

En vous présentant ce rapport sur la marche de notre Société pendant l'année 1922, je me sens partagé entre deux sentiments opposés : sentiment de joyeuse satisfaction lorsque je considère la belle activité scientifique qui a été déployée durant cet exercice; sentiment au contraire de douloureuse tristesse à la pensée du grand nombre de membres fidèles et dévoués que la mort nous a enlevés et dont j'aurai à vous retracer brièvement la carrière. Je commencerai, selon l'usage, par le premier de ces deux sujets.

Nous avons tenu, pendant cette année, 16 séances, au cours desquelles 68 communications scientifiques ont été présentées. Jamais, si je ne me trompe, un chiffre aussi élevé n'avait encore été atteint. La fréquentation de nos séances a

marché de pair avec le nombre des orateurs; non seulement la plupart de nos membres ont participé régulièrement à toutes nos réunions, mais ils y ont amené de nombreux étrangers qui, j'ai tout lieu de le croire, en ont retiré agrément et profit.

Vous regarderez avec moi ces résultats comme étant d'un excellent augure pour l'avenir de notre Société. Ils sont la preuve que si, depuis la guerre, la science pure semble être quelque peu délaissée dans les pays belligérants nos voisins, elle reste en honneur dans le nôtre. C'est là un des multiples privilèges qui découlent des circonstances exceptionnelles où la Suisse a été placée dans ces dernières années, et j'espère que nous continuerons à en profiter pour maintenir le bon renom de nos institutions scientifiques.

Un fait d'ordre secondaire a peut-être, il est vrai, contribué dans une certaine mesure à l'abondance des travaux qui nous ont été présentés. Pour diverses raisons, la Société de chimie de Genève n'a pas tenu ses séances cette année. Il en est résulté que plusieurs des communications qui y auraient été faites sont venues grossir le nombre de celles que nous avons entendues. Mais cet appoint n'a cependant pas été assez considérable pour infirmer ce que je viens de dire, et qui doit s'appliquer d'une manière générale à toutes les branches des sciences physiques et naturelles.

En dehors de nos séances, le travail n'a pas été moindre de la part de votre Comité de publication. Il s'est réuni 5 fois et a eu à s'occuper de plusieurs questions importantes avant de les soumettre à votre décision. Le secrétaire de ce Comité vous rendra compte tout à l'heure de tout ce qui concerne la publication de nos Mémoires et de nos Comptes rendus, ainsi que des échanges que nous en faisons avec les Sociétés correspondantes. Qu'il me soit seulement permis, à ce propos, de rappeler que M. F.-Louis Perrot, qui était secrétaire du Comité de publication depuis 1897, a demandé à être déchargé de ses fonctions. Nous n'avons pu, à notre très vif regret, faire autrement que déférer à son désir; mais je tiens à le remercier ici, au nom de la Société de physique, du zèle et du dévouement incomparables avec lesquels il a rempli sa mission. M. Perrot a dirigé, à lui seul, pendant 24 ans consécutifs, la publication de nos Mémoires et le service des échanges; il a complété, pour la Bibliothèque publique, les périodiques que nous recevons; il a reconstitué, avec la collaboration de M. Edmond Weber, des séries complètes de nos Mémoires. Celles-ci sont aujourd'hui au nombre de 7 et représentent un capital important. J'ajoute qu'une de ces collections (volumes 1-33) a été, toujours par l'entremise de M. Perrot, acquise cette année par la Faculté des Sciences de Tokio. Pour tous ces multiples services rendus ainsi à notre Société, j'exprime à M. Perrot notre plus sincère gratitude.

En ce qui concerne la carte Dufour, dont M. Joukowsky continue à s'occuper avec un zèle inlassable, je puis vous informer que la feuille VII de la carte complète est achevée ; que la feuille XI (Ville de Genève) est gravée, mais doit subir encore une revision par le dessinateur ; que les autres feuilles de la carte physique sont gravées, et que toutes les minutes de la carte complète sont entre les mains de l'éditeur. Cette entreprise se trouve donc en très bonne voie d'exécution.

Sur la proposition de M. Fréd. Reverdin, vous avez décidé de ne pas maintenir l'inscription de notre Société au Registre du Commerce, cette inscription étant devenue inutile depuis l'entrée en vigueur du Code civil suisse. L'article premier de notre règlement a été modifié en ce sens.

Un autre article (24), concernant les dates et les heures de nos séances, a aussi subi un léger changement, sur la proposition de M. Joukowsky. La nouvelle rédaction fixe le nombre de nos séances à 2 par mois pendant la période d'hiver, et à 1 par mois pendant la période d'été. Quant aux dates et heures de ces séances, elles seront établies chaque année par la Société, dans sa première séance du mois de décembre.

Enfin de nouvelles conditions ont été fixées pour le concours de Candolle (art. 41). Les dates de ce concours ne suivront plus une périodicité régulière et la somme attribuée au prix pourra aussi varier ; date et somme dépendront désormais de l'état de nos finances. Celles-ci nous le permettant cette année, un nouveau concours a été ouvert au mois de février dernier, avec un prix de fr. 1000 et un terme de 3 ans. Une circulaire portant les indications nécessaires a été envoyée à toutes nos sociétés correspondantes, ainsi qu'à 124 professeurs ou directeurs de jardins botaniques et à un certain nombre de spécialistes dont les adresses nous ont été données par MM. Chodat et Briquet.

Notre Société a reçu un legs de fr. 500 de notre regretté collègue Théodore Lullin. M. Briquet lui a fait hommage de sa biographie d'Emile Burnat. Une plaquette à l'effigie du roi Albert Ier lui a été remise par l'Académie de Belgique à l'occasion du 150me anniversaire de sa fondation. Nos sincères remerciements vont à ces généreux donateurs.

Vous avez procédé, le 19 janvier, à l'élection de votre Comité. M. Raoul Gautier a été nommé vice-président pour l'année 1922, M. Etienne Joukowsky secrétaire des séances, M. Jules Favre secrétaire-correspondant en remplacement de M. Perrot, M. Eugène Bujard vice-secrétaire, tous trois pour une période de 3 ans. M. F. Louis Perrot, M. L. W. Collet et Mlle Stern ont été élus membres du Comité de publication pour 2 ans. En décembre dernier vous avez renouvelé, pour une période de 6 ans, les mandats de MM. Brun et Collet comme délégués au Sénat de la Société helvétique des Sciences naturelles.

L'effectif de notre société a diminué de quelques unités depuis l'année dernière. Il comprend à l'heure actuelle 69 membres ordinaires, 29 membres honoraires, 16 associés libres et 8 anciens membres émérites, total 122.

Nous avons reçu 5 nouveaux membres ordinaires : MM. Paul Wenger (chimie), Emile Cherbuliez (chimie), H. Flournoy (médecine), Henri Barbier (chimie) et Oscar Schotté (zoologie).

En revanche 2 de nos associés libres nous ont envoyé leur démission.

Enfin, nous avons eu la douleur d'enregistrer les décès de 3 de nos membres ordinaires, Alexandre Le Royer, Charles Cailler et Philippe Auguste Guye, et de 5 de nos membres honoraires : G. Ciamician, Th. Studer, A. G. Waller, E. Noelting et G. Lemoine. C'est à la mémoire de ces amis disparus que doivent être consacrées les dernières pages de ce rapport. Pour la rédaction des notices nécrologiques qui vont suivre, j'ai utilisé un certain nombre de renseignements qui m'ont été aimablement fournis par quelques-uns de nos collègues, en particulier par MM. Bonna, Fehr, Carl, Prevost et Fréd. Reverdin. Je les remercie ici de l'aide qu'ils m'ont donnée.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

ALEXANDRE LE ROYER
(1860-1922)

Alexandre Le Royer appartenait à une de ces vieilles familles genevoises où les traditions scientifiques se transmettent de génération en génération. Son grand-père était le pharmacien Elie Le Royer, dont le laboratoire servait de lieu de rendez-vous aux savants genevois les plus distingués. Lui-même montra dès son enfance le goût le plus vif pour les sciences physiques. A sa sortie du Gymnase de Genève, il se fit inscrire à la Faculté des Sciences de notre Université. Il y étudia d'abord la chimie, sous la direction du professeur Graebe, et fut reçu docteur en 1886 avec une thèse sur l'acide dichlorophtalique.

Mais curieux d'étendre ses connaissances dans toutes les directions, il ne voulut point se confiner dans une seule discipline. On le voit au contraire, aussitôt son doctorat obtenu, toucher tour à tour à toutes les branches de la science. Avec Charles Soret, il met au point un nouveau thermomètre à air; avec M. Duparc, il

publie des notes cristallographiques et un travail de géologie sur l'origine des lapias. Il étudie avec M. Chodat l'action de l'électricité sur l'accroissement des plantes, avec M. Delebecque la dissolution des gaz dans l'eau des lacs, avec M. Emile Chaix les grottes du Jura, avec M. Lucien de la Rive les mouvements d'un pendule dont le point de suspension se déplace horizontalement.

Pour fixer Le Royer, il fallut sa nomination, en 1890, comme maître de physique au Collège de Genève. Il fut accaparé dès lors par ses fonctions, qui comportaient non seulement une vingtaine d'heures de leçons par semaine, mais aussi de nombreuses séances d'expériences et d'exercices pratiques. Pendant de longues années, Le Royer consacra la presque totalité de son temps à instruire les volées successives des collégiens dans les différentes branches de la physique. Il le fit, comme il faisait toute chose, avec une scrupuleuse conscience. Son enseignement, tout de précision et d'exactitude, était peut-être parfois un peu trop profond et savant pour les jeunes oreilles de son auditoire, mais ses élèves l'appréciaient unanimement parce qu'il savait leur apprendre à observer et à raisonner, et qu'il leur donnait une haute idée de la science.

Cependant, telle était l'activité de notre collègue, qu'il sut toujours trouver, malgré l'assujettissement à ses devoirs professoraux, le temps de poursuivre ses recherches personnelles. Etudiant avec son ami Paul van Berchem les propriétés des limailles métalliques dans les phénomènes électriques, il fut le premier à observer leur changement de résistance sous l'influence des courants hertziens. Les deux collaborateurs doivent ainsi être regardés comme des précurseurs de la télégraphie sans fil.

Puis c'est l'obtention de l'acide nitrique à partir de l'air qui occupe Le Royer avec son collègue Aug. Bonna. Plus tard il s'intéressa à l'aviation. Enfin, dans ces dernières années, un nouveau changement de direction l'amena à l'étude des stations lacustres du lac de Genève. Il se chargea en 1921, avec M. Louis Blondel, de faire le relevé des stations palafitiques des environs de notre ville, opération que favorisait la baisse exceptionnelle des eaux. Ce travail n'était pas achevé, lorsque la mort vint le surprendre, en pleine activité scientifique, le 6 janvier 1922.

On voit, par la multiplicité des objets qui intéressèrent successivement Le Royer, et par les résultats importants qu'il sut tirer de chacun d'eux, combien son esprit était ouvert et ardente sa curiosité. Il y joignait une grande intelligence technique et une remarquable habileté manuelle. Il était d'un abord un peu froid, mais d'une complaisance inépuisable, et tous ceux qui ont eu le privilège de le connaître de près garderont de lui le souvenir du meilleur des collègues et du plus fidèle des amis.

CHARLES CAILLER

(1865-1922)

La mort de Charles Cailler a privé notre Société d'un de ses membres les plus distingués et les plus aimés. C'était un homme supérieurement doué; voué spécialement aux mathématiques, il aurait pu briller dans n'importe quel autre domaine de l'activité intellectuelle. Il avait, dès ses premières études, manifesté de grandes aptitudes pour les langues. A 13 ans, il savait assez de latin pour traduire en entier les Commentaires de César. A l'Université il suivit le cours de sanscrit; il commença même à étudier l'arabe. Il connaissait à fond l'allemand, l'anglais et l'italien. De cette forte culture classique et littéraire lui restèrent la facilité d'exposition et l'élégance de son style, qualités qui deviennent trop rares aujourd'hui chez ceux qui se sont cantonnés dans la science. Il était fort bon musicien, grand appréciateur des beaux-arts, admirateur des beautés de la nature. A côté de ses publications mathématiques, on a de lui des mémoires sur les mouvements planétaires et sur la conductibilité thermique du bismuth; il collabora même aux Archives de psychologie. Si à l'universalité de ses connaissances nous ajoutons son caractère foncièrement bienveillant, sa parole éloquente et sympathique, et enfin son parfait désintéressement et sa grande modestie, nous trouverons en Cailler le type d'un des savants les plus complets qu'il nous ait été donné de connaître.

Il fit ses études mathématiques à notre Université sous la direction de Charles Cellérier et de Gabriel Oltramare. Docteur à 22 ans (1887) avec une thèse sur les équations aux dérivées partielles, il alla terminer son instruction à Berlin. Dès son retour à Genève, en 1889, il fut, à la mort de Cellérier, chargé de son cours de mécanique rationnelle. En 1891 il était nommé professeur extraordinaire, en 1895 professeur ordinaire. Enfin en 1900, à la retraite du professeur Oltramare, il fit encore le cours de calcul différentiel et intégral. Ayant ainsi succédé à ses deux maîtres, Cailler assuma dès lors, avec l'aide de son élève et ami H. Fehr, l'enseignement complet des mathématiques à notre Université et celà jusqu'en automne 1921.

Les cours de Cailler étaient caractérisés par une remarquable clarté, par l'originalité de la pensée et par la perfection de la forme. Il savait captiver ses élèves grâce à la hauteur de ses vues et à la maitrise avec laquelle il dominait tout le champ des mathématiques; il leur inspirait à la fois respect et affection par son caractère droit et par l'appui moral que leur donnait l'exemple de sa vie, tout entière consacrée à la science.

Cailler a relativement peu publié, mais tout ce qu'il a laissé est marqué au

coin de la plus saine méthode et de la plus scrupuleuse exactitude. Ses travaux ont trait aux branches les plus diverses des mathématiques : algèbre, géométrie, mécanique, corps solides cotés de M. René de Saussure, et jusqu'aux problèmes récents soulevés par la théorie de la relativité.

En 1899, Cailler, participa à la création de la Caisse de prévoyance des professeurs de l'Université. Il l'organisa et la géra jusqu'à sa mort. Cette tâche, toute de dévouement, exigea de sa part une somme de travail, de recherches et de minutieux contrôle, dont il est difficile de se faire une idée, mais qui lui valut toute la reconnaissance de ses collègues.

Malheureusement Cailler eut toujours à lutter contre un état de santé précaire. Il le supporta avec une patience et une énergie qui faisaient l'admiration de tous. Il résista à la maladie jusqu'au bout de ses forces, et ce ne fut qu'à la fin du semestre d'été 1921 qu'il se vit forcé de prendre sa retraite de professeur à l'Université. Hélas, peu de mois devaient lui rester pour jouir du repos qu'il avait si bien mérité; il s'éteignit doucement le 30 janvier 1922.

Son œuvre est restée inachevée ; bien des publications qu'il avait en vue sont demeurées en souffrance. Elles ont été recueillies par les soins de ses amis et verront, en partie du moins, prochainement le jour sous la forme d'un ouvrage posthume : Introduction géométrique à la mécanique rationnelle, qui contribuera à conserver sa mémoire au milieu de nous.

PHILIPPE-AUGUSTE GUYE
(1862-1922)

Né en 1862 à St-Christophe (Vaud), d'une famille d'origine neuchâteloise, Ph.-A. Guye fit toutes ses études à Genève. Il entra à notre Ecole de chimie en 1880 et se voua d'abord à la chimie organique. Il fut reçu docteur en 1884 ; sa thèse avait pour sujet, « la réduction des hydrocarbures aromatiques » ; il fonctionna ensuite pendant quelques semestres comme assistant particulier du professeur Graebe. Mais les méthodes et les procédés de la chimie organique n'étaient pas de nature à satisfaire son esprit exact et enclin plutôt aux précisions mathématiques. Aussi lui préféra-t-il très vite la chimie physique, discipline qui était alors à ses débuts et dont l'avenir paraissait plein de promesses.

Pour s'y livrer avec fruit, Guye devait quitter Genève. Il se rendit, en 1887, à Paris, où il entra au laboratoire de Friedel. Il y entreprit des recherches personnelles, tendant à établir les relations qui existent entre les constantes des fluides et

les grandeurs moléculaires. Il s'appliqua en même temps à déterminer celles qui rattachent, chez les composés organiques optiquement actifs, le sens et la valeur du pouvoir rotatoire à la constitution de la molécule. Il émit à ce sujet sa théorie bien connue du produit d'asymétrie. Il résuma ses travaux dans une nouvelle dissertation (Etude sur la dissymétrie moléculaire) qui fut reçue en Sorbonne en 1891 et lui valut un second bonnet de docteur.

Bien que la théorie du produit d'asymétrie n'ait pas été, dans la suite, entièrement vérifiée par les faits, l'idée qui en formait la base était des plus ingénieuses et originales. Aussi les premières publications de Guye furent-elles accueillies avec une grande faveur et classèrent-elles d'emblée leur auteur parmi les savants d'avenir. Cette réputation naissante devait rendre l'Université de Genève désireuse de se l'attacher ; elle créa à son intention une chaire de chimie théorique, qu'il vint occuper en 1892 ; il n'avait pas encore trente ans.

Dans le laboratoire attenant à cette chaire, et qu'il dirigea, en le développant, jusqu'à sa mort, Guye sut attirer de nombreux élèves, qu'il dressa à la pratique des recherches délicates de la physico-chimie, et dont plusieurs sont restés ses fidèles et précieux collaborateurs. Avec eux, et pendant plusieurs années, il se consacra tout d'abord à accumuler le matériel expérimental nécessaire à la vérification de la théorie du produit d'asymétrie. Puis il se livra à ce qui fut l'œuvre principale de sa carrière scientifique, la revision des poids atomiques au moyen de la détermination rigoureuse de la densité et de la compressibilité des gaz. On sait quelle influence ont eue ces travaux, en modifiant certains poids atomiques fondamentaux, tels que ceux de l'azote et de l'argent, ce qui entraina des changements correspondants dans les poids atomiques de plus de la moitié des autres éléments.

En même temps, pour aider à la publication de ses travaux et à la diffusion de ses idées, Guye fondait en 1903 un nouveau périodique, le *Journal de chimie physique*, qui eut d'emblée un grand succès et qui en est aujourd'hui à son vingtième volume.

Cette époque de travail intense au laboratoire de chimie théorique marque le point culminant de la carrière de notre collègue. Placé dans les meilleures conditions pour faire valoir ses qualités d'expérimentateur habile et d'esprit inventif, entouré d'élèves séduits par l'attrait nouveau des recherches de physico-chimie, Guye aurait pu trouver dans ces recherches d'ordre purement scientifique un champ d'activité amplement suffisant ; mais il ne voulut point s'y cantonner. D'autres sujets d'étude l'attiraient. Chez lui, en effet, à côté de l'homme de science, il y avait le technicien, et celui-ci était aussi bien doué que celui-là. Lorsqu'on se sent en possession de facultés aussi multiples, il est difficile de ne pas chercher à les exercer toutes à la fois. Il ne faut donc pas s'étonner que Guye se sentît porté,

comme tant d'autres, vers les applications industrielles. Peut-être peut-on regretter cette dispersion de ses efforts, et que notre ami se soit attelé ainsi à plusieurs tâches dont une seule aurait suffi à un travailleur acharné. On doit cependant reconnaître que, dans ce domaine comme dans l'autre, Guye fit œuvre utile et féconde. Parmi les nombreuses questions industrielles dont il s'occupa, il faut noter l'électrolyse du sel marin, la fabrication des chlorates, celle du sulfate basique de plomb. Mais le problème à la solution duquel il se consacra tout spécialement, fut celui de l'obtention de l'acide nitrique à partir de l'azote atmosphérique. Il fut l'un des premiers à utiliser l'arc électrique dans ce but. Il avait, dès 1903, avec la collaboration de son frère, le professeur C.-E. Guye et de Aloïs Naville, construit un appareil à cet effet et pris des brevets. Il fut donc un initiateur dans ce domaine qui a été depuis lors si heureusement exploité par d'autres.

Enfin, à ses qualités de savant et de technicien, Guye joignait encore celles qui constituent l'homme d'affaires : talent d'organisation et d'administration, caractère affable et courtois, habileté à se former des relations et à les entretenir. C'est à ces dons précieux entre tous qu'il dut la grande influence dont il jouissait dans tous les milieux scientifiques et industriels. Il participait à tous les congrès nationaux et internationaux et y occupait une place en vue. Il fut appelé, surtout pendant la guerre, à siéger dans la plupart des commissions scientifiques fédérales et dans toutes les organisations interalliées se rapportant à la chimie. Il présida notre Société pendant une partie de l'année 1902, et la Société suisse de chimie de 1913 à 1916. Il fit partie, comme secrétaire, du Comité central de la Société helvétique des Sciences naturelles pendant la période 1911-1916, et en cette qualité il rendit, aux côtés de M. Edouard Sarasin, président, et de M. Robert Chodat, vice-président, les plus grands services à cette société.

Les distinctions honorifiques ne manquèrent point à notre collègue. La liste en est longue et ne saurait être reproduite ici, non plus que celle des deux cents et quelques publications qui portent sa signature.

L'abus des forces intellectuelles auquel se livrait Guye devait fatalement aboutir au surmenage et à l'altération d'une santé qui n'avait jamais été très robuste. Depuis quelques années déjà, la fatigue se faisait sentir. En automne 1921, il y eut aggravation de l'état de sa santé ; il dut prendre un congé et aller passer l'hiver dans le midi de la France. Ce séjour ne lui fut point favorable ; toutefois personne ne songeait à une issue fatale, lorsque, peu de jours après son retour à Genève, il succomba brusquement, le 27 mars 1922, à la maladie qui le minait. Sa mort est pour notre Société et pour la science suisse une des pertes les plus douloureuses qu'elles pussent subir.

GIACOMO CIAMICIAN
(1857-1922)

Ciamician était, depuis la mort de Cannizzaro, le représentant le plus illustre de la chimie organique en Italie. Il naquit en 1857, à Trieste, fit ses études aux universités de Vienne et de Giessen, fut assistant de Cannizzaro à Rome, puis professeur de chimie successivement à Catane (1884), à Padoue (1887) et à Bologne (1889). C'est dans cette dernière ville qu'il exécuta la longue série de travaux importants à laquelle la mort seule vint mettre un terme, le 2 janvier 1922.

Trois grands sujets ont occupé l'un après l'autre l'activité inlassable de Ciamician. Ce fut d'abord le groupe des dérivés du pyrrol, dont il poursuivit l'étude pendant 25 ans, et dont il fit l'un des chapitres les mieux explorés de la chimie organique.

Puis il s'adonna à des recherches de photochimie et étudia l'influence de la lumière sur les réactions organiques et spécialement sur les oxydations.

Enfin, à partir de 1908, Ciamician entra résolument dans le domaine de la biologie végétale. Cherchant à se rendre compte du mode de formation des alcaloïdes et des glucosides dans les plantes, il eut l'idée d'injecter toute une série de substances diverses dans les végétaux. Cette utilisation hardie de l'organisme vivant comme une sorte de laboratoire, fut couronnée d'un plein succès. Ciamician parvint ainsi à réaliser des synthèses de glucosides et d'alcaloïdes chez des plantes qui n'en produisent point naturellement. Ces recherches, fort originales, contribueront-elles à accroître nos connaissances sur le chimisme végétal, c'est ce qu'il est réservé à l'avenir de nous apprendre. Elles dénotent en tout cas, chez leur auteur, une remarquable ingéniosité expérimentale et une grande pénétration de vues.

Ciamician était associé de l'Académie des Sciences, membre d'honneur des Sociétés de chimie de France et d'Allemagne, sénateur du Royaume d'Italie; il était membre honoraire de notre Société depuis 1912.

THÉOPHILE STUDER
(1845-1922)

Théophile Studer avait fait à Berne des études complètes de médecine, mais il ne la pratiqua pas. Ses goûts le portaient beaucoup plus du côté de l'histoire naturelle; déjà comme jeune étudiant il avait fait paraître deux articles sur la

géologie du Morgenberghorn et sur les foraminifères de la craie. En 1870 il partit pour Leipzig dans le but d'y étudier la zoologie, mais la guerre franco-allemande ayant éclaté, il prit du service comme médecin volontaire dans un régiment des grenadiers de la garde saxonne, et il fit en cette qualité toute la campagne.

De retour à Berne en 1872, il fut nommé conservateur de la collection zoologique du Musée. Il ne resta pas longtemps non plus à ce poste ; le gouvernement allemand ayant, en 1874, frêté une corvette pour aller aux îles Kerguelen observer un passage de Vénus, Studer obtint de prendre part à cette expédition. Il dut se contenter de la dernière place vacante, qui était celle d'aide du photographe, mais une fois les observations astronomiques terminées, la « Gazelle » (tel était le nom de la corvette) ne rentra pas immédiatement en Europe, ou plutôt elle prit pour y revenir le chemin de l'école ; elle entreprit le tour du monde et y consacra deux années entières. Ce voyage, fait en compagnie de savants distingués, fut précieux pour l'instruction du jeune naturaliste (Studer avait alors 29 ans). Il en rapporta une foule de trouvailles en coraux, oiseaux, mammifères, dont il s'empressa, à son retour, de doter le musée de Berne et qu'il mit plusieurs années à étudier et à classer.

Studer fut nommé en 1876 professeur de zoologie à l'Université de Berne ; il le resta pendant 45 ans. Son enseignement, très clair et dénué de pédanterie, sa grande érudition, son extrême bienveillance, attiraient beaucoup d'élèves et un très grand nombre de thèses de zoologie sont sorties de son laboratoire.

A côté de la zoologie, Studer s'occupa aussi de paléontologie comparée. Il publia en particulier plusieurs mémoires sur les races de chiens préhistoriques. Il dressa avec Victor Fatio le catalogue des oiseaux suisses.

Studer participait volontiers aux congrès scientifiques. Il était fidèle aux réunions de la Société helvétique des sciences naturelles, dont il fut le président central de 1887 à 1892. Il présida aussi le sixième congrès international de zoologie à Berne en 1904. Il fut recteur de l'Université de Berne en 1891, docteur *honoris causa* des Universités de Lausanne et de Genève. Notre Société l'avait nommé membre honoraire en 1887.

Arrivé au terme de sa carrière en pleine santé de corps et d'esprit, atteint seulement d'une assez forte surdité, Studer prit sa retraite au printemps 1921. Quelques mois plus tard, le 12 février 1922, une courte maladie l'emportait brusquement, à l'âge de 77 ans.

AUGUSTUS DÉSIRÉ WALLER
(1856-1922)

Né en 1856, le Dr A.-D. Waller était membre honoraire de notre Société depuis 1920. Il était fils d'Augustus Waller, le physiologiste bien connu, qui fut également membre de la Société de physique pendant plusieurs années. Désiré Waller, après avoir suivi le collège de Genève, se rendit en Angleterre, où il étudia dans les universités d'Aberdeen et d'Edimburg. Il termina ses études à Leipzig, dans le laboratoire de Ludwig, puis à Paris. Il fut nommé professeur de physiologie à Londres, dans l'école de médecine des femmes à St. Mary's Hospital.

Waller s'est distingué surtout par ses recherches de neuro-physiologie. Il les fit au début dans un laboratoire particulier qu'il avait installé dans son domicile. Habilement secondé par Mme Waller, il étudia surtout les phénomènes électriques chez les animaux et les plantes. Il contribua plus tard à créer le laboratoire de physiologie de l'Université de Londres. Il y institua des exercices pratiques et gratuits pour les médecins qui désiraient se perfectionner dans cette branche, et mit à leur disposition son temps et sa riche bibliothèque.

Tous les travaux de Waller offrent, à côté de leur originalité, une grande rigueur scientifique. Ils sont remarquables par l'exactitude dans leurs moindres détails. Cette qualité apparaît surtout dans l'étude qu'il fit de la durée du réflexe patellaire comparé au réflexe du tendon d'Achille. Il put, par des mesures délicates, démontrer la simultanéité de ces deux réflexes et prouver que le premier doit être considéré comme un pseudo-réflexe dépendant du tonus musculaire. Ses recherches sur les courants cutanés et rétiniens, sur la circulation et la respiration, sur les anesthésiques, sont universellement connues.

Waller aimait les réunions scientifiques; on le rencontrait habituellement dans les congrès de physiologie, où il intéressait ses collègues par ses démonstrations et par l'énergie avec laquelle il soutenait ses opinions. L'Académie des Sciences de Paris lui décerna le prix Monthyon, celle de Bologne le prix Aldini. Il devint fellow de la Royal Society en 1892. Il mourut le 11 mars 1922 d'une hémorragie cérébrale.

EMILIO NOELTING
(1851-1922)

Emilio Noelting était un grand ami de Genève et de la Suisse. Bien que natif de St. Domingue, il était devenu un des nôtres par les longs séjours qu'il fit à

Zurich et à La Plaine, et par les amitiés qu'il forma avec plusieurs des membres de notre Société. Il avait fait ses premières études à Paris. Il y subit avec succès, en 1870, son examen d'entrée à l'Ecole centrale, mais, la guerre étant survenue, il quitta la France et se rendit à Zurich. Il entra d'abord dans la section de mécanique du Polytechnicum fédéral, mais il la quitta bientôt pour celle de chimie. Sous l'influence de maîtres tels que Kopp et Victor Meyer, il devint passionné pour cette science. C'était l'époque des grandes découvertes dans le domaine de la chimie aromatique. Noelting s'intéressa tout particulièrement au développement de ce chapitre spécial, il y apporta lui-même, dès 1874, des contributions importantes; il en fit le sujet de sa thèse de doctorat, qui fut reçue en 1875 par l'Université de Zurich.

Ayant ainsi terminé ses études académiques, Noelting entra comme chimiste dans une teinturerie de Lyon. Il ne tarda pas d'y découvrir de nouveaux colorants artificiels du groupe de la résorcine. Ces brillants résultats intéressèrent tout particulièrement un ami des teinturiers lyonnais, P. Monnet, qui était fabricant de matières colorantes à La Plaine, canton de Genève. Celui-ci résolut de s'attacher le jeune praticien et, d'accord avec ses patrons, il l'engagea comme chimiste de recherches.

Noelting resta quatre ans chez P. Monnet et Cie. Ce fut pendant ce séjour dans notre canton qu'il fit paraître, en collaboration avec son ami et collègue Frédéric Reverdin, son premier ouvrage sur la constitution de la naphtaline, et qu'il fonda avec MM. Reverdin et Emile Ador la Société de chimie de Genève.

La carrière de Noelting fut donc à ses débuts d'ordre essentiellement technique. Nul doute qu'elle ne le fût restée sans un événement imprévu qui vint, en 1880, en changer brusquement le cours. A cette date, l'Ecole municipale de chimie de Mulhouse se trouva privée de son directeur par la démission de Goppelsrœder. Le comité de la Société industrielle de Mulhouse, dont dépendait cette école, s'adressa, pour le remplacer, à Noelting. Son choix ne pouvait mieux tomber; Noelting, déjà connu par ses publications et ses découvertes, possédait une instruction théorique autant que pratique; ses goûts le portaient d'autre part plutôt vers le professorat que vers l'industrie. Il se rendit donc avec joie à l'appel très honorable qui lui était adressé, et il prit, au commencement de l'année 1880, la direction de l'Ecole de chimie de Mulhouse.

Il la conserva pendant 34 ans, et durant cette longue série d'années il sut, par son travail continu, par son habile administration, par ses hautes capacités de professeur et de savant, élever l'Ecole de Mulhouse à une réputation européenne et en faire un centre incomparable d'enseignement de la chimie tinctoriale. Le nombre des élèves, qui était de 35 en 1879, s'accrut progressivement jusqu'à près

d'une centaine. A deux reprises il fallut construire de nouveaux laboratoires. Un grand nombre de thèses de doctorat, près de deux cents publications originales, montrent l'activité qui s'y déployait et l'impulsion vigoureuse que Noelting donna à son enseignement. Presque tous ces travaux sont relatifs à l'étude des composés aromatiques et des matières colorantes qui en dérivent. Noelting était considéré dans tous les milieux scientifiques et industriels comme une des premières autorités dans ce domaine. L'entière confiance que l'on avait, non seulement dans sa grande compétence, mais aussi dans sa droiture et dans la sûreté de son jugement, lui valut de devenir chimiste conseil de plusieurs grandes entreprises industrielles et d'être chargé d'un nombre considérable d'expertises.

Mais la guerre allait de nouveau interrompre cette utile carrière. Au commencement de 1915, Noelting, qui n'avait jamais craint d'afficher ses sympathies pour la cause des Alliés, fut expulsé militairement d'Alsace. Il se réfugia en Suisse; après un court séjour à Lausanne, il revint se fixer à Genève. Il y retrouva ses anciens amis et de nouveaux collègues, qui l'accueillirent avec joie. Laborieux et infatigable, il voulut s'y remettre au travail. Une salle du laboratoire de chimie organique put être mise à sa disposition; il vint l'occuper avec quelques assistants et s'y livra à des recherches qui lui avaient été demandées par deux compagnies industrielles, l'une française et l'autre italienne.

Au lendemain de l'armistice, Noelting réintégra avec une intime satisfaction son domicile de Mulhouse. L'Ecole de chimie avait rouvert ses portes, mais il n'en voulut point reprendre la direction. Il la confia à son fidèle collaborateur et ami M. Eugène Wild et il se contenta de reprendre ses recherches personnelles dans un laboratoire qui lui avait été réservé. Il les poursuivit jusqu'à son dernier souffle; sa dernière publication est datée de l'été dernier, et il en corrigeait les épreuves lorsque la mort vint le surprendre, pendant une villégiature à Meran (Tyrol), le 6 août 1922.

GEORGES LEMOINE
(1841-1922)

Georges Lemoine, membre honoraire de notre Société depuis 1913, est décédé subitement à Paris, le 13 novembre dernier, dans sa 82me année. Il était professeur de chimie à l'Ecole polytechnique et Inspecteur général des Ponts et Chaussées. Ses travaux s'étendent de 1874 à 1898; ils ont trait presque uniquement à la chimie minérale et spécialement aux recherches de mécanique et de dynamique chimiques. Il fut un précurseur dans ce domaine et on doit le considérer comme un

des premiers en date des physico-chimistes, à une époque où ce terme n'était point encore usité. Son esprit, d'une culture essentiellement mathématique, le portait vers l'observation des caractères généraux des corps et la recherche des lois qui régissent leurs actions réciproques. Il fit connaître tout d'abord celles de l'équilibre chimique entre l'hydrogène et la vapeur d'iode, type de dissociation dans les systèmes homogènes gazeux. Il étendit ensuite son étude au bromhydrate d'éthylène. Il résuma en 1883 ces premiers travaux dans un ouvrage qui porte le titre : « Traité des équilibres chimiques ».

Plus tard, Lemoine s'occupa de la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par les oxydes et par le charbon, des transformations allotropiques du phosphore, de l'action photochimique de la lumière, de la dissociation de l'iode et du carbonate de chaux, etc. Ce fut lui aussi qui prépara pour la première fois le sesquisulfure de phosphore, composé non toxique, qui est employé en France depuis 1898 pour la fabrication des allumettes. Enfin on a de lui une longue série d'observations d'hydrologie, allant de 1866 à nos jours, et qui ressortissent à ses fonctions dans le corps des Ponts et Chaussées.

Lemoine était un savant consciencieux et sagace, professant un culte pour la science désintéressée et possédant un esprit pondéré et un jugement très sûr. Il était membre de l'Académie des Sciences depuis 1899 et la présida en 1921.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES

Mathématiques.

G. TIERCY. Problèmes de dynamique et géodésiques d'hypersurfaces. — Sur les fusées d'horlogerie.

Physique.

Ed. GUILLAUME. Transformation de l'énergie rayonnante à l'aide de l'ellipsoïde d'onde.

C.-E. GUYE. Sur l'extension de la loi de Paschen aux fluides polarisés. — La loi de répartition des vitesses moléculaires et les actions de surface (2 communications).

C.-E. GUYE et R. RÜDY. Nouveau mode de détermination des diamètres moléculaires par la rotation électromagnétique de la décharge dans les gaz.

C.-E. GUYE et H. WEIGLÉ. Sur l'élimination de l'inégale répartition des ions au voisinage des électrodes dans les expériences sur le potentiel explosif. — Sur la loi de Paschen dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées.

A. JAQUEROD. Détermination rapide de la marche d'une montre ; application à l'étude de la pression atmosphérique.

R. DE SAUSSURE. Sur la définition einsteinienne de la simultanéité (3 communications).

A. SCHIDLOF. Sur la simultanéité de deux événements. — Les preuves empiriques élémentaires de la théorie de relativité restreinte

G. TIERCY. A propos de la définition de la simultanéité de deux phénomènes.

Chimie.

P. BALAVOINE. Etude analytique des cidres.

H. BARBIER. Transpositions moléculaires dans la nitration de composés aromatiques.

F. BATTELLI et L. STERN. La carnisaporine et le sarcochromogène des tissus animaux.

E. BRINER et G. MALET. Vitesse d'oxydation et densité de l'oxyde d'azote.

E. BRINER et A. TRAMPLER. Recherches sur la saponification catalytique des graisses.

E. BRINER et F. WINKLER. Propriétés et électrolyse des azothydrates alcalins.

P. CASTAN. Sur un disaccharide de synthèse.

E. CHERBULIEZ. Nouvelles synthèses de pyrimidines. — Détermination du degré de dissociation d'un électrolyte par l'étude de la conductibilité.

E. CHERBULIEZ et E. FEER. Dérivés formaldéhydiques de la 2,5-dicétopipérazine.

E. CHERBULIEZ et O. SCHNAUDER. Action du chlorure de sulfuryle sur les organo-magnésiens.

F. CHODAT. Les lipoïdes et la coagulation du lait.

R. CHODAT et E. ROUGE. Sur un type d'oxygénase répandu dans le règne végétal.

R. CHODAT et F. WYSS. Nouvelles recherches sur la tyrosinase.

L. DUPARC et R. BUMBACHER. Sur l'amalgamation de l'or dans les minerais quartzeux et sulfurés.

L. DUPARC et S. FRANCO. Sur l'azoturation du calcium.

L. DUPARC et DE LUZERNA. Sur une source nouvelle de platine dans les schlichs de chromite.

L. DUPARC et L. RAMADIER. Sur l'entraînement de l'arsenic et de l'antimoine par l'alcool méthylique.

AMÉ PICTET et R. JAHN. Sur un nouveau produit de décomposition de l'amidon.

F. REVERDIN et H.-P.-A. ROETHLISBERGER. Réaction de quelques dérivés nitrés de la p-phénétidine.

M. ROSSIGNOL et E. BRINER. Expériences sur la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres.

P. WENGER et H. STEHLI. Nouvelle méthode de dosage du mercure à l'état de calomel.

P. WENGER et J. THOMIS. Dosage des nitrates par la méthode Dewarda et méthode acidimétrique nouvelle pour la séparation des nitrates et des nitrites.

Géologie.

L.-W. COLLET. Sur la présence au Vénézuela d'aptien à faune méditerranéo-alpine. — Sur la présence de Stepheoceras Humphriesi Sow. dans la dalle nacrée de la Faucille.

J. FAVRE. Les Valvata post-glaciaires et actuelles du bassin de Genève.

M. GYSIN. Etude de quelques caractères des plagioclases.

E. JOUKOWSKY et H. LAGOTALA. Quelques observations sur la topographie préwurmienne du bassin du Petit-Lac. — Une vallée préwurmienne aux environs de La Sarraz.

E. PARÉJAS. La structure de l'extrémité SW du Mont-Blanc. — Sur quelques déformations de la nappe de Morcles et de son substratum.

M. REINHARD. Géologie de la région orientale du Vénézuela.

Botanique.

J. BRIQUET. L'androcée des Carduacées à filets unis. — Le mélanérythrisme floral chez le Daucus carota L.

Zoologie.

Arnold PICTET et A. FERRERO. Hérédité de la panachure chez les cobayes agoutis. — Hérédité de la longueur des poils chez les cobayes. — Constitution génotypique du cobaye à rosettes (un cas de tétrahybridisme).

K. PONSE. Disparition et récupération des caractères sexuels secondaires mâles par castration et greffe chez Bufo vulgaris. — L'organe de Bidder joue-t-il un rôle dans le déterminisme des caractères sexuels secondaires du crapaud ?

O. SCHOTTÉ. Influence des nerfs sur la régénération des pattes antérieures des tritons adultes. — A quel moment les pattes des tritons récupèrent-elles leur pouvoir régénérateur après la section de leurs nerfs ? — La régénération est-elle liée à l'innervation motrice ou à l'innervation sensible ? — Le grand sympathique, élément essentiel du systeme nerveux sur la régénération des pattes de tritons.

Physiologie.

F. BATTELLI. Méthode pour obtenir l'émission complète du liquide des vésicules séminales chez le cobaye.

F. BATTELLI et G. DE MORSIER. Action des courants électriques industriels sur le cœur. — Mécanisme des trémulations fibrillaires.

F. BATTELLI et L. STERN. La contracture par les courants alternatifs. — Les ferments complexes ou enzymones dans l'organisme.

H. FLOURNOY. Le phénomène de la déformation dans les suggestions post-hypnotiques.

L. STERN. Modifications fonctionnelles de la barrière hémato-encéphalique dans quelques conditions pathologiques expérimentales.

L. STERN et F. BATTELLI. Production d'hormones par les glandes endocrines *in vitro*.

L. STERN et G. DE MORSIER. Contribution à l'étude des fonctions de la rate.

Anthropologie.

E. PITTARD. Découverte d'un crâne dolichocéphale dans le plus vieux néolithique palafittique suisse.

E. PITTARD et M. GINSBERG. La taille humaine et les influences des milieux.



Paul Cheppal

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 8

ESQUISSE
DE LA
CARTE DES RÉGIONS ÉRUPTIVES AU NORD DU TAGE

PAR
Paul CHOFFAT

MISE AU POINT
DES CONTOURS DES TERRAINS SÉDIMENTAIRES
ET DE L'ÉCHELLE DES COULEURS

PAR
Joseph et Philippe CHOFFAT
SOUS LA DIRECTION DE
E. JOUKOWSKY

Avec deux planches et un portrait

AVANT-PROPOS

Par lettre du 5 mars 1919, PAUL CHOFFAT, membre honoraire de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, s'était adressé au secrétaire pour étudier la possibilité de publier sa carte des régions éruptives au nord du Tage. Le comité de publication n'hésita pas à accepter, en principe, la publication de cet important ouvrage, qui devait être la synthèse de travaux très détaillés, poursuivis sur le terrain et au laboratoire pendant de longues années. L'œuvre était près d'être achevée lorsque la mort de l'auteur vint en interrompre le cours.

Désireuse de donner suite à ce projet, la famille Choffat reprit les pourparlers avec la Société et recueillit dans un volumineux dossier de notes, avec la collaboration de géologues désignés par Paul Choffat lui-même, tout ce qui pouvait être utile à l'achèvement d'une carte à l'échelle de 1 : 100.000, dont l'auteur avait fait remettre un avant-projet à la Société. Nous eûmes la satisfaction de constater qu'on se trouvait en possession de tout le nécessaire pour mettre au point la publication de cette carte, non pas, il est vrai, telle que l'auteur l'avait conçue, avec une

détermination exacte de toutes les roches éruptives, mais dans une forme plus résumée ; si la nature de certains filons reste indéterminée, les contours de la presque totalité de ces filons ont pu être figurés. Les terrains sédimentaires, du Lusitanien au Quaternaire, ont été au contaire très fortement condensés et leur rôle se borne à situer l'éruptif dans la séric stratigraphique. Un simple coup d'œil sur la carte permet de reconnaître que la phase éruptive a suivi le Crétacé supérieur et précédé l'Oligocène.

La carte a été établie uniquement d'après les documents laissés par Paul Choffat, où il est fait mention des collaborateurs et des auteurs auxquels des données ont été empruntées ; dans la plupart des cas, il a contrôlé lui-même ces données sur le terrain. Le fond topographique a été dessiné spécialement d'après les minutes originales, en ne donnant que les contours, le réseau hydrographique et quelques cotes, de manière à altérer le moins possible les teintes géologiques.

Ainsi conçue, la carte géologique donne une idée suffisante de l'étendue et de la diversité des travaux de l'auteur, sans anticiper sur les documents beaucoup plus détaillés, déposés au Service géologique du Portugal, que ce Service publiera sans doute plus tard à l'échelle de 1:40.000 ou de 1:20.000.

Pour le soin minutieux qu'ils ont apporté à l'exécution des planches, nous devons des remerciements à MM. Kümmerly et Frey, à Berne.

NOTICE EXPLICATIVE

D'APRÈS LES DOCUMENTS LAISSÉS PAR PAUL CHOFFAT

Lorsqu'il se décida à préparer la publication de sa carte des régions éruptives au nord du Tage, à l'échelle de 1 : 100.000, l'auteur, déjà souffrant, s'était arrêté à cette solution, parce que la publication de ses levés originaux, à l'échelle de 1 : 20.000, représentait une grosse entreprise, demandant encore de la fatigue et du temps pour être mise au point. Ces levés comportent, en effet, une série stratigraphique très détaillée, basée pour le Tertiaire sur les recherches de BERKELEY COTTER, dont une partie a été faite en collaboration avec Paul Choffat ; pour le Crétacé et le Jurassique supérieur, ce sont les études stratigraphiques et paléontologiques bien connues de Paul Choffat qui ont servi à établir les subdivisions. Pour ces terrains secondaires, le nombre des subdivisions régionales n'est pas grand et ne comprend guère, comme termes spéciaux à la région étudiée, que les couches d'Almargem et le Bellasien, dont les premières représentent par leur partie inférieure l'Aptien, tout le reste avec le Bellasien tout entier, étant l'équivalent du Mésocrétacé. Pour ces terrains, Paul Choffat avait commencé une étude très détaillée dans la région entre Ericeira et Mafra, ce qui est visible sur la carte par les nombreux contours qui figurent dans la teinte verte du Mésocrétacé.

Les terrains tertiaires ont été figurés avec beaucoup de détail : le Burdigalien est subdivisé en quatre sous-étages, et l'un de ces sous-étages en deux zones ; l'Helvétien comporte deux sous-étages, comprenant à leur tour huit zones; le Tortonien, deux sous-étages. Les contours géologiques de toutes ces subdivisions figurent sur le report à 1 : 96.000, mais l'échelle est trop petite pour qu'il ait été possible de doter chacun des termes d'une couleur spéciale.

Le Quaternaire comprend des formations de dunes près des côtes, et des alluvions récentes le long des cours d'eau.

En ce qui concerne les roches cristallines, dans un premier avant projet d'échelle des couleurs, Paul Choffat plaçait toute la série éruptive, y compris les roches batholitiques du massif de Cintra (granites, syénites, gabbros), entre le

Turorien et l'Oligocène. Cela correspondait à une notion acquise depuis fort longtemps[1] sur l'âge des granites de Cintra. Depuis lors, l'auteur a toujours été préoccupé du problème de préciser cet âge, et il a fait bien des excursions dans la région pour serrer la question de plus près, mais il ne paraît pas qu'il soit arrivé à la résoudre complètement. Il laisse à ses successeurs un intéressant problème.

Les indications qu'il a données sont résumées dans la phrase suivante : « L'âge de l'intrusion du granite est limité, vers le haut, par la présence de cailloux granitiques dans les conglomérats oligocènes ou burdigaliens. *Il est donc soit antérieur, soit contemporain de l'émission de la nappe basaltique.* » Il nous a paru préférable de donner séparément l'échelle des roches éruptives, dont seuls les basaltes, à ce qu'il semble, sont d'âge nettement déterminé par leurs rapports constants avec le Turonien, qui leur est inférieur, et l'Oligocène qui repose sur eux. Ce fait ressort clairement des coupes imprimées, mais inédites[2], dont Paul Choffat a fait don à quelques-uns de ses correspondants. Cela se voit aussi fort bien sur la carte.

Nous nous sommes arrêté à une échelle résumée suffisante pour bien situer les roches cristallines dans la série sédimentaire sur un fond topographique à 1:96.000 établi spécialement dans ce but, en faisant abstraction d'un grand nombre des contours de sous-étages et de zones qui se voient sous une même teinte, cela pour deux raisons. D'abord il eut été pratiquement très difficile d'établir une échelle claire pour quarante termes différents, sur des surfaces parfois de quelques dixièmes de millimètres de largeur. Déjà à l'échelle que nous avons adoptée, certains éléments se voient à peine, par suite de la petitesse des surfaces. Ensuite, et ceci est la raison principale, une échelle plus détaillée nous aurait conduit à emprunter trop de choses aux notes et aux planches inédites et aurait ainsi pu nuire à une publication à plus grande échelle. Telle que nous la publions, la carte donne une idée de l'importance des travaux inédits de Paul Choffat, et montre tout l'intérêt qu'il y aurait à ce que ces travaux fussent achevés. Ceci paraît encore réalisable si un géologue qualifié, expérimenté dans les travaux sur le terrain et capable d'en supporter les fatigues, possédant d'autre part une solide préparation dans les diverses disciplines intéressées, se chargeait de reprendre le travail de Paul Choffat, en prenant pour base les observations nombreuses et précises que l'auteur a consignées dans un riche dossier de notes manuscrites. Ces notes étaient destinées à la publication d'une description générale de la région, et

[1] P. Choffat. *Age du granite de Cintra.* Communicações Secç. Trab. geol. de Portugal I, n° 1, p. 155. Lisbonne. 1885.

[2] P. Choffat. *Cénozoïque,* Pl. I (inédit).

n'ont pas d'utilité immédiate en ce qui concerne les roches éruptives, objet principal de notre carte, en ce sens qu'elles ne donnent pas de détermination microscopique précise des minéraux de ces roches.

Paul Choffat préparait une importante suite de monographies régionales, sous le titre « Géologie du Portugal », dont il voulait faire paraître un résumé dans la série : « Handbuch der regionalen Geologie », publiée à Heidelberg. Un grand nombre de planches de coupes et de vues photographiques sont tirées. De ce nombre, 25 concernent la région figurée sur l'esquisse cartographique que nous publions. Si l'œuvre avait pu suivre son cours normal, tous ces documents auraient servi à illustrer une monographie détaillée de la région située au nord de l'embouchure du Tage. Un simple coup d'œil sur les vues photographiques des dykes et des sills qui affleurent le long du littoral, suffit à un géologue pour comprendre qu'on se trouve là dans une région qui se prête admirablement à l'étude des rapports des roches éruptives et de leur couverture sédimentaire, et l'on comprend que Paul Choffat ait lui-même qualifié le massif de Cintra de « Joyau de la pétrographie ».

Afin de laisser à l'œuvre le caractère que nous voulons lui donner, celui d'un hommage à la mémoire d'un géologue qui a fait honneur à la science qu'il a cultivée une bonne part de sa vie comme collaborateur au service géologique du Portugal, et en reconnaissant que la carte qui paraît aujourd'hui est inférieure à ce qu'elle eût été, achevée par l'auteur lui-même, nous nous abstenons de tout commentaire sur les interprétations tectoniques qu'elle peut suggérer. Nous croyons préférable de livrer aux appréciations de ses pairs l'œuvre telle que l'auteur l'a laissée. Il est utile toutefois, et même nécessaire, pour qui veut y trouver tout ce qu'elle peut donner, de connaître les coupes imprimées, mais non publiées, dont la trace est figurée sur la carte et dont le schéma réduit (pl. 8) renvoie aux numéros de ces planches inédites.

Plusieurs de ces coupes montrent un développement remarquable des sills, dont certains atteignent jusqu'à 10 kilomètres avec une épaisseur variant de 96 à 5 mètres, comme c'est le cas pour le sill-laccolithe de labradorite d'Anços, très nettement visible sur la carte. Nous avons reporté sur celle-ci un très petit nombre de noms, afin de ne pas encombrer le dessin. Entre autres, nous avons reporté tous les noms cités dans la dernière note de Paul Choffat « Sur les roches éruptives, filoniennes et intrusives de la région située au nord du Tage[1] », en particulier ceux des deux importantes failles, Moinho da Matta et Dona Maria, qui délimitent les trois tronçons du massif de Cintra-Caneças.

[1] C. R., tome 162, 1916, p. 981.

Les planches imprimées mentionnées plus haut, ainsi que les notes manuscrites, donnent beaucoup d'indications précises sur la structure du massif cristallin de Cintra et sur la nature des roches éruptives des sills et des filons, au sujet desquelles Paul Choffat a correspondu avec M. Lacroix, auquel nous devons les déterminations pétrographiques. Des nombreuses roches mentionnées (granite, microgranite, gabbro, diabase, basalte, labradorite, porphyrite, syénite, microsyénite, trachyte, orthophyre, trachyandésite, comptonite, teschénite) nous n'avons pu mettre en évidence que les éléments suivants: la nappe basaltique et un assez grand nombre de basaltes filoniens, en soulignant, par une différence de teinte, la distinction que l'auteur avait faite lui-même entre ces deux modes de gisement; des labradorites; des trachyandésites. Enfin le granite, le gabbro et la syénite dans le massif de Cintra.

Tout ce qui n'a pu être déterminé, quant à la nature de la roche a été figuré en noir. C'est là une grosse lacune qu'il a malheureusement été impossible de combler. D'ailleurs, on aurait rencontré de très sérieuses difficultés à distinguer, par des teintes spéciales, toutes les catégories de roches sur la carte à l'échelle de 1:96.000. On aurait pu, dans une certaine mesure, apporter une correction à l'insuffisance de la carte en extrayant des notes manuscrites des croquis et des indications précises sur les gisements de certaines roches; mais ici encore, nous ne voulons pas entrer dans les détails pour en laisser la primeur à la publication qui, tôt ou tard, sera faite à une échelle plus grande par les soins du Service géologique du Portugal. Nous ne mentionnerons que deux faits importants pour la compréhension des rapports du massif granitique avec le manteau sédimentaire. C'est d'abord, sur la bordure nord du massif, un chevauchement très net du granite sur un Jurassique renversé et plongeant à 45° au sud, et, en d'autres points, la présence dans le granite de nombreuses enclaves calcaires et gréseuses de grandes dimensions. L'une de ces enclaves gréseuses est attribuée à l'Aptien.

De nombreux croquis, toujours dans cette série de planches inédites, illustrent admirablement l'enchevêtrement, parfois très compliqué, des granites et des roches d'épanchement avec les strates plus ou moins disloquées du Jurassique supérieur.

Lors même qu'il n'a été possible de préciser la nature du magma que pour une partie des roches intrusives d'après les documents dont nous disposions, le trait caractéristique de la carte est précisément de donner une image nette des rapports tectoniques entre ces roches et les terrains sédimentaires qu'elles ont traversés sous forme de sills, de filons transverses et parfois aussi de laccolithes. Au premier coup d'œil, on est frappé du contraste entre la région des sills interstratifiés dans les couches jurassiques, à l'est du massif de Cintra, et la région située plus au nord, où des filons à disposition radiale recoupent les couches du

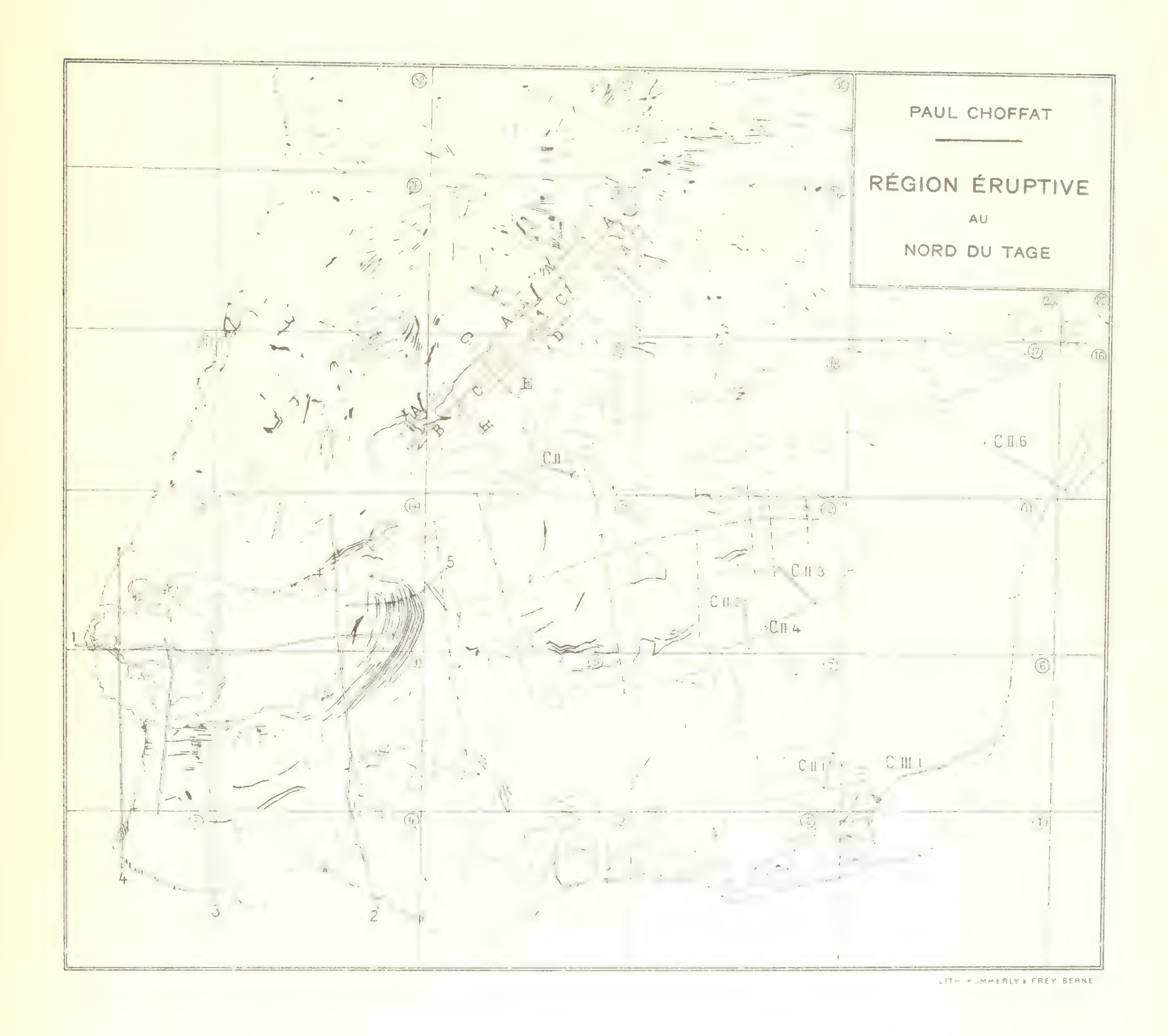
Mésocrétacé sans subir l'influence de la structure de ces terrains. Combien plus clairement encore apparaîtraient ces rapports dans une monographie complète, accompagnée d'une carte à grande échelle et de toutes les coupes et vues qui lui étaient destinées.

Qu'il nous soit permis, en terminant, d'exprimer le vœu que cette publication soit faite dans un avenir pas trop éloigné. Il est désirable qu'un géologue entreprenne les revisions nécessaires sur le terrain, et la détermination pétrographique précise de la riche série éruptive du massif de Cintra et des contrées avoisinantes. Deux ou trois années de bon travail sur le terrain et au laboratoire, et ce géologue serait largement récompensé de sa peine. Beau début de carrière que d'achever une telle œuvre en trois ans, et grand honneur aussi pour un jeune, que d'associer son nom à celui de Paul Choffat.

E. JOUKOWSKY.

PROFILS

relevés sur le terrain par Paul Choffat



Le trait discontinu marque les traces des profils manuscrits, le trait double les traces des profils imprimés, mais non publiés, et portant les titres SERRA DE CINTRA et CÉNOZOÏQUE

Profils	1 à 5 :	SERRA DE CINTRA,	Pl. I
	C.II[1] à C.II[6] :	CÉNOZOÏQUE	Pl. II
	C.III[1] :	id.	Pl. III
	A à H :	id.	Pl. V

Les chiffres entourés d'un cercle sont les numéros des feuilles de la carte à 1:20 000

PAUL CHOFFAT

Esquisse de la Carte géologique de la RÉGION ÉRUPTIVE AU NORD DU TAGE

COLLABORATEURS ET OUVRAGES CONSULTÉS.

Pour le Miocène: collecteur Antonio MENDES, sous la direction de J. C. Berkeley COTTER. Pour les autres terrains: collecteur Romão de MATTOS, sous la direction de Paul CHOFFAT, en utilisant les contours géologiques tracés antérieurement sur la carte à 1 : 100.000 par Carlos RIBEIRO, Nery DELGADO et Paul CHOFFAT.

Ericeira
Mafra
Sintra
Cabo da Roca
Forte de S. Braz
Cascaes
LISBOA
Braço de Prata
R I O
T E J O

q Quaternaire
p Pliocène
Tortonien
m Miocène non subdivisé
h Helvétien
Burdigalien
Oligocène

Turonien
Bellasien et couches d'Almargem
Crétacique inférieur

Portlandien
k Kimeridgien
j Jurassique sup. non subdivisé
Lusitanien

Nappe basaltique
Brèche basaltique
Couches à fossiles terrestres intercalées dans la nappe (Zone Amoreira Famões)

Basaltes, Labradorites, Andésites, Trachyandésites, Trachytes, Diabases, etc.

Syénite
Trachyandésite

Gabbro
Labradorite
Basalte

Granite

Faille
Profil relevé sur le terrain
Direction et pendage des couches

Les labradorites, basaltes, trachytes et toutes les roches figurées en noir forment des laccolites, des dykes, des sills et des filons.

Réduction de la carte à 1 : 20.000 par Philippe CHOFFAT.

Échelle 1 : 96000

0 1 2 3 4 5 Km.

LITH. KÜMMERLY & FREY BERNE

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 39, FASCICULE 8.

RAPPORT
DU
PRESIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE
ET
D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
POUR
L'ANNÉE 1923

PAR

Raoul GAUTIER

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

L'activité scientifique de notre Société a fait de grands progrès durant ces dernières années; cela continue, je suis heureux de le constater ici. Si, pour les seize séances de l'exercice 1922, mon distingué prédécesseur, M. Amé Pictet, a enregistré la présentation de **68** travaux originaux, nous avons entendu **64** communications au cours de nos seize séances de 1923, avec quelques rapports en plus. Le rendement scientifique a même augmenté assez régulièrement du commencement à la fin de l'année, puisque, le 20 décembre dernier, nous avions treize communications à l'ordre du jour; probablement un *record*.

J'ai eu la curiosité de feuilleter les rapports présidentiels d'il y a une trentaine d'années, et notamment celui que je vous présentais, il y a 28 ans, lorsque vous m'aviez fait l'honneur de m'appeler pour la première fois à la présidence durant

l'année 1895, qui précédait celle de notre Exposition nationale suisse à Genève. On comptait alors en moyenne 66 communications pour 17 à 18 séances. C'était déjà une période très active de notre Société. Nous sommes donc revenus actuellement à l'état florissant ancien, avec quelques variantes cependant: il y avait alors un peu moins d'interruption du travail scientifique pendant les vacances; ce qui m'amène à faire la remarque que l'activité de nos membres est de plus en plus liée à la vie universitaire, au cours du semestre, été comme hiver. Et c'est logique, puisque les laboratoires de notre Université sont la source principale des travaux qui nous sont présentés.

De ces travaux vous trouverez la liste, par ordre de matières, à la fin de ce rapport. Il a été établi sur le Compte-rendu de nos séances tel qu'il paraît, trois fois l'an, soit comme Supplément aux *Archives des Sciences physiques et naturelles* de Genève, soit en fascicules successifs publiés séparément et qui constitueront cette année le quarantième volume de nos *Comptes-rendus*.

AFFAIRES ADMINISTRATIVES

Dans la séance du 18 janvier vous aviez élu Vice-Président notre collègue M. Robert CHODAT qui vient de prendre la présidence.

Sur la proposition du Comité de publication, vous avez adopté, le 15 mars, une modification aux articles 7 et 11 du Règlement, augmentant de l'ancien président le nombre des membres du Bureau, comme cela se fait dans plusieurs des autres Sociétés savantes genevoises. De ce fait M. Amé PICTET a fait partie, pour cette année encore, du Bureau, et vous avez nommé, à sa place, le 19 avril, membre du Comité de publication, M. A. SCHIDLOF.

Nous avons eu le bonheur de ne perdre aucun membre ordinaire cette année. Mais nous en avons reçu plusieurs qui nous avaient fait des communications scientifiques et auxquels je souhaite de nouveau la bienvenue. Ce sont, rangés par ordre chronologique: MM. Pierre CASTAN, Pierre BALAVOINE, et Gaston MERMOD.

Nous avons en revanche eu le chagrin d'enregistrer la mort d'un de nos membres honoraires, Giovanni CAPELLINI, paléontologiste notable dont la mémoire sera rappelée plus loin par une notice due à la plume compétente de M. Eug. PITTARD.

Nous avons d'autre part augmenté le nombre de nos membres honoraires, fortement réduit ces dernières années, de huit nouveaux collègues que nous sommes heureux et honorés de compter maintenant parmi nous. Ce sont:

M. George Ellery HALE, directeur de l'Observatoire du Mount Wilson en Californie, astronome;

M. le professeur A. S. EDDINGTON, directeur de l'Observatoire de Cambridge (Angleterre), astronome;

M. Leonardo TORRES Y QUEVEDO, membre de l'Académie des Sciences de Madrid, directeur du Laboratoire d'Automatique, ingénieur-physicien;

M. Hans SCHARDT, professeur de géologie à l'Université de Zurich et à l'Ecole polytechnique fédérale;

M. Maurice LUGEON, professeur de géologie à l'Université de Lausanne;

M. Maurice CAULLERY, professeur de zoologie à la Sorbonne (Paris);

M. Louis JOUBIN, professeur au Muséum d'Histoire naturelle de Paris;

M. le Dr H.-G. STEHLIN, paléontologiste à Bâle.

Nous avons perdu par démission deux de nos Associés libres. MM. Henry FATIO, à Genève et Ettore CARDOSO, à Naples. Mais nous avons enregistré un nouvel Associé libre dans la personne de M. Edmond ODIER, à Genève.

Vous avez décidé, sur la proposition du Comité de publication, de donner, à partir de l'année 1923, un aperçu de notre activité scientifique dans nos journaux quotidiens. Nos séances sont annoncées et, de temps à autre, notre dévoué Secrétaire des séances y fait imprimer un résumé, par ordre de matières, des communications qui nous sont présentées.

Sans vouloir empiéter sur le domaine de notre Secrétaire correspondant, dont vous allez entendre le rapport, je tiens cependant à indiquer brièvement ici que le fascicule 8 et dernier du Vol. 39 de nos mémoires est sous presse et paraîtra prochainement. Il contiendra le rapport présidentiel pour 1922, puis le mémoire de Paul CHOFFAT, notre regretté membre honoraire, "Esquisse de la Carte des régions éruptives au nord du Tage", mise au point par MM. Joseph et Philippe CHOFFAT sous la direction de notre collègue M. E. JOUKOWSKY, enfin le présent rapport présidentiel.

Le Comité de publication, qui s'est réuni sept fois au cours de cette année, a aussi accepté pour le début du Vol. 40 un mémoire de MM. Louis DUPARC et Max REINHARD, " Etudes sur la détermination des plagioclases ".

La publication de la carte Dufour de notre Canton au 1 : 12 500e, dont nous parlait, il y a deux ans, dans son rapport, notre président de 1921, M. L.-W. COLLET, est en bonne voie. La revision du cadastre de la ville a été achevée en septembre par M. Joukowsky, et a été suivie en décembre d'une revision sur le terrain par MM. Emile Chaix, Joukowsky et J. Favre.

Au cours de l'année nous avons eu l'occasion de participer ou de nous faire représenter aux solennités ou aux réunions suivantes:

Le 12 mai, par une collation, aux réunions à Genève de la Société suisse de Physique et de la Société suisse de Géophysique, Météorologie et Astronomie, auxquelles plusieurs d'entre nous ont pris une part active.

Le 6 juin, par un télégramme, à l'anniversaire de 75 ans de notre illustre membre honoraire, M. Emmanuele Paternò di Sessa, professeur de chimie à Palerme d'abord, et actuellement à Rome.

Du 31 août au 2 septembre, nombreux ont été les membres de notre Société qui ont pris part à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Zermatt où nous étions représentés officiellement par notre collègue M. L.-W. Collet, notre délégué. Je constate, comme coïncidence curieuse, que lorsque je présidais notre Société en 1895, la S. H. S. N. s'était aussi réunie à Zermatt.

Le 11 octobre, votre président a été invité et a assisté à la séance annuelle de l'Institut national genevois.

Je vous ai également représentés, le 24 novembre, à un dîner offert par la faculté des Sciences de l'Université de Lausanne à notre membre honoraire, M. Henri Blanc, dont on fêtait la 40me année d'enseignement. Je lui ai porté nos félicitations et nos vœux.

Notre Société était invitée par la Société française de physique à la célébration de son cinquantenaire, à Paris, le 13 décembre. Nous y avons été représentés par notre collègue M. C.-E. Guye qui a offert en notre nom à la Société française de physique une adresse de circonstance. Vous avez lu dans les journaux le succès de l'Exposition de physique et de T. S. F. organisée au Grand Palais à cette occasion.

Enfin, le 16 décembre, la Société soleuroise des Sciences naturelles célébrait son centenaire. Notre trésorier, M. Louis Reverdin, a été porter à cette occasion nos vœux à notre Société sœur de Soleure.

NOTICE BIOGRAPHIQUE

GIOVANNI CAPELLINI[1]

(1833-1922)

Giovanni Capellini, mort le 30 mai 1922, à 89 ans, était depuis 1912, membre honoraire de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Mais il était attaché à notre pays par des liens bien plus anciens encore. En effet, il avait été

[1] Je dois cette notice à la complaisance de notre collègue M. Eug. Pittard.

nommé, en 1865, membre honoraire de la Société helvétique des Sciences naturelles.

Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Bologne, Giovanni Capellini a publié de nombreux mémoires sur les vertébrés fossiles, et s'il a attaché son nom à des travaux de géologie pure et d'anthropologie préhistorique, son œuvre principale reste bien celle qu'il a accomplie dans le domaine de la paléontologie. Il a créé plusieurs nouveaux genres de vertébrés fossiles entre autres: *Protosphargis*, une gigantesque tortue marine des marbres de Vérone; *Felsinotherium Forestii*, mammifère précurseur du Dugong, etc. Il a signalé, pour la première fois en Italie, de nombreuses formes fossiles animales et végétales. Deux ou trois groupes, surtout, furent l'objet de ses recherches, entre autres: les Cétacés et les Proboscidiens.

Josué Carducci, le poète illustre, a dit de Giovanni Capellini que son mérite principal avait été, comme géologue, d'être un promoteur et un grand propagateur de la science. On peut ajouter, après Carducci, que ces qualités exceptionnelles, Capellini les a aussi appliquées à l'anthropologie préhistorique.

Tout jeune encore Giovanni Capellini commence son tour d'Europe scientifique. En 1859, il est à Paris, où il partage son temps studieux entre les cours de l'Ecole des Mines et ceux du Muséum d'histoire naturelle. Il étudie sur place le bassin tertiaire des environs de Paris. Puis il passe dans les Iles britanniques. Il est bientôt lié avec tous les savants français et anglais. Parmi ces derniers, Falconer, Lyell, Owen. Partout où il séjournait Capellini se créait des amitiés précieuses. Il était l'une de ces admirables natures de qui émane instantanément la sympathie, qui éveille la confiance, qui fait naitre l'attachement mutuel.

On le vit bien, lorsqu'en 1912 on fêta le cinquantième anniversaire de son enseignement à l'Université de Bologne[1]. Du monde entier affluèrent des témoignages de sympathie. De la part des académies, des sociétés savantes, des corps politiques, des particuliers. De notre pays, les Universités de Bâle, de Berne, de Genève, lui envoyèrent des adresses, et les géologues suisses, alors réunis à Soleure, se joignirent spontanément, par une dépêche, à ceux qui fêtaient ce rare jubilé.

Capellini avait réuni, au cours de sa longue vie, d'énormes collections personnelles, géologiques et paléontologiques. Le musée qu'il avait constitué à Bologne, et que cet infatigable pèlerin scientifique ne cessa jamais d'enrichir — il avait porté ses investigations des Pyrénées à l'Oural et jusque dans les Montagnes Rocheuses — porte aujourd'hui, par suite d'un vote universitaire unanime, confirmé par un décret royal, le nom de « Musée Capellini ».

[1] Onoranze a Giovanni Capellini, nel 50mo anniversario del suo insegnamento nell'università di Bologna, Bologna 1912.

Capellini aida puissamment à la constitution de la carte géologique de l'Italie. Il fut un des promoteurs du Congrès international de géologie dont il suivit avec le plus vif intérêt les destinées, et qu'un jour même il présida.

Le goût irrésistible que Capellini portait à toutes les choses de la nature le fit s'intéresser de bonne heure à l'anthropologie préhistorique. Il avait assisté aux premières grandes découvertes de cette science. Il était à Paris au moment des débats retentissants relatifs aux trouvailles de Boucher de Perthes et à l'existence de l'homme contemporain des extensions glaciaires. Dès lors il ne cessa de prendre sa part des recherches relatives aux plus lointains passés de l'humanité. En 1862 déjà, il publiait son premier mémoire sur l'anthropologie préhistorique.

Avec Edouard Lartet et Gabriel de Mortillet il établit, à la Spezzia, en 1865, les bases du Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques, dont la première réunion eut lieu en Suisse, à Neuchâtel, en 1866.

En 1912, lors du Congrès de Genève, Giovanni Capellini, le dernier survivant des fondateurs de cet organisme international, prononça un charmant discours, rappelant les débuts de ces assises scientifiques qui firent, depuis, une si belle carrière, et qui, pour la seconde fois, choisissaient pour siéger la Suisse.

Capellini avait toujours eu avec les savants de notre pays les rapports les plus amicaux. Déjà, en 1857, par l'intermédiaire de Charles Lyell il avait fait la connaissance d'Oswald Heer, à qui il avait demandé de décrire les plantes fossiles du Val di Magra. Plus tard Heer étudiait, également pour Capellini, les Phyllites crétacées rapportées par le savant italien des Etats-Unis, de l'Omaha et du Nébraska. A Genève même, Capellini comptait de nombreux amis. Il m'a rappelé que sa première visite dans notre ville datait de 1859. Il ne cessait de redire l'accueil charmant qu'il avait reçu de la part de nos compatriotes: François-Jules Pictet, Alphonse Favre, Alphonse de Candolle, Auguste de la Rive, Henri de Saussure. Il ajoutait qu'il ne pouvait jamais franchir les Alpes sans venir rendre visite à « ses chers maitres suisses ».

Giovanni Capellini était Sénateur du Royaume d'Italie.

La philosophie de Capellini était restée dominée par les travaux de Ch. Darwin. Pour lui, la doctrine de l'évolution telle que l'avait imaginée l'illustre auteur de *l'Origine des Espèces,* était comme un dogme intangible.

L'Italie sa patrie, et la Science, ont perdu en Capellini un homme qui a fait, à l'une et à l'autre, beaucoup d'honneur.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

LISTE DES TRAVAUX PRÉSENTÉS AUX SÉANCES

Mathématiques, Astronomie, etc.

M. G. TIERCY. Note sur les équations de l'électromagnétisme.

Le même. Sur une transformation du mouvement circulaire en mouvement rectiligne alternatif.

Le même. Sur l'amplitude du mouvement rectiligne alternatif obtenu par l'emploi d'une came orbiforme régulière.

M. Raoul GAUTIER. Rapport sur les résultats de l'expédition en Australie du Lick Observatory pour l'observation de l'éclipse totale de soleil du 21 septembre 1922. Les prévisions d'Einstein semblent entièrement confirmées.

Le même. Rapport sur les travaux récents de la Commission géodésique suisse, spécialement sur le Nivellement astronomique du méridien du Gothard.

Physique

M. C.-E. GUYE. Remarque sur le rôle du champ moléculaire dans la décharge disruptive.

Le même. Sur l'entrainement du gaz dans la rotation électromagnétique de la décharge électrique.

M. Raoul PICTET. Sur les définitions des mots chaleur et température. Les caractéristiques de l'éther : volume, poids, inertie. (Deux communications.)

Chimie

M. E. CHERBULIEZ. Sur les propriétés basiques du groupe nitro.

M. Amé PICTET et Mlle GAULIS. Sur la distillation de la lignine sous pression réduite.

M. Jean SARASIN. La pilocarpine et les imidazols.

MM. Eug. BUJARD et F. CHERBULIEZ. A propos de la coloration par la picro-fuchsine.

M. P. BALAVOINE. Multirotation des miels dextrogyres.

Le même. Eaux sulfatées calciques de Confignon.

M. Jacques PICTET. Sur un nouveau disaccharide.

MM. E. BRINER, P. FERRERO et E. DE LUSERNA. Recherches sur l'amination catalytique.

MM. E. BRINER, W. PFEIFFER et G. MALET. Recherches sur l'accroissement de la vitesse de peroxydation de l'oxyde d'azote aux très basses températures.

MM. P. WENGER et M. PATRY. Contribution à l'étude de la séparation des métaux alcalins.

M. Amé PICTET. Synthèse du maltose.

Botanique

M. Alb. FREY. Les formes cristallines de l'oxalate de calcium dans la plante et les causes qui déterminent ces formes.

MM. R. CHODAT et E. ROUGE. Sur l'analogie des anthocyanines et des flavones.

M. F. CHODAT. De l'action de l'albumine sur la coagulation du lait par la chymase végétale.

MM. A. KOTZAREFF et F. CHODAT. De l'action exercée par l'émanation du radium sur les levures.

M. J. BRIQUET. Le Genêt épineux et le Micocoulier de Provence dans le Jura méridional.

Le même. Carpologie du Peucedanum palustre.

Le même. Carpologie du Crithmum maritimum.

M. L. REHFOUS. Sur la phylogénie des Stomates.

Zoologie

M. E. GUYENOT. A propos d'une récente communication de M. Arnold Pictet et M[lle] Ferrero.

M. J. CARL. Sur un Chironomide nouveau pour la faune du Léman.

Le même. Un nouvel habitat du Scorpion en Suisse.

Le même. Rapport sur les observations de MM. G. Mermod et F. Brocher sur la fondation des colonies de Polistes gallicus.

Le même. Rapport sur un cas de parabiose entre fourmis et abeilles.

M. Arnold PICTET. A propos des observations de M. F. Picard sur le filage de la soie par les chenilles.

M. André NAVILLE. Sur la présence de kystes à Diplozoaires (Octomitus intestinalis Prowazek) dans la sous-muqueuse intestinale de Tropidonotus natrix Gesn.

M. O. SCHOTTÉ. Influence de la section tardive des nerfs sur les pattes de Tritons en régénération.

Le même. Régénération et système nerveux chez les larves de Batraciens urodèles.

Le même. La suppression partielle de l'innervation et la régénération des pattes chez les Tritons.

M. G. MERMOD. La Radule, élément de détermination chez les Mollusques.

M. Arnold PICTET et Mlle FERRERO. Recherches sur l'hérédité de Cobayes albinos porteurs d'un facteur de coloration.

Mlle K. PONSE. Masculinisation d'une femelle de Crapaud.

Mme E. WELTI. Le sort des autogreffes chez le Crapaud.

La même. Les homogreffes sont-elles capables de persister chez le Crapaud?

Mlle V. BISCHLER. Rôle du squelette dans la régénération des membres du Triton.

Géologie

MM. L. DUPARC et L. CUISINIER. Sur la géologie et les roches des environs de Bolivar (Venezuela).

M. E. JOUKOWSKY. L'âge des dépôts glaciaires du plateau genevois.

M. Ad. JAYET. Sur la présence de la zone à Hoplites dentatus à la Perte du Rhône.

MM. Ed. PAREJAS et H. LAGOTALA. Relations tectoniques entre le Jura méridional et les plis du Genevois.

M. Léon-W. COLLET. Le Bajocien du Col de Tenneverdze (Nappe de Morcles).

Le même. L'Argovien des Hautes Alpes Calcaires (Nappe de Morcles) entre Rhône et Arve, des Aiguilles Rouges et du Mont-Blanc.

M. H. BUTLER. Le pli-faille du rocher de Leschaux.

M. Ed. PAREJAS. Observations sur quelques volcans de la Limagne (Auvergne).

MM. L.-W. COLLET et Ed. PAREJAS. Nouveaux affleurements de mylonites (gneiss) au Lauterbrunnen Wetterhorn et au Trümletental.

Minéralogie et Pétrographie

M. M. REINHARD. A propos de la détermination des plagioclases par la méthode de Fédorof.

Le même. Nouvelles épures et courbes d'extinction des plagioclases.

M. L. Duparc. Les filons de mispickel aurifere de la Montagne Noire.

Le même. Sur le gisement de St-Avre en Maurienne.

Le même. Sur les filons et les minerais radioactifs d'urane du Portugal.

Géophysique et Météorologie

MM. Léon-W. Collet et Raoul Boissier. Le transport des alluvions dans l'Arve en 1915.

M. Léon-W. Collet. L'ablation sur le versant nord des Alpes.

Le même. Sur l'âge absolu de la période post-glaciaire.

M. Raoul Gautier. Les retours de froid en mai et juin 1923.

Le même. Anomalies climatologiques du mois d'octobre 1923.

Anthropologie

M. L. Reverdin. La station préhistorique du Sählihöhle-Oben, près d'Olten.

Physiologie

Mlle L. Stern et M. Fr. Battelli. Le sort de la carnisapidine et du sarcochromogène dans l'organisme animal.

Les mêmes. Production de substances amères par l'action des ferments digestifs sur les tissus animaux et sur les substances protéiques.

Les mêmes. La nature du sarcochromogène et du sarchocrome des tissus animaux.

Tératologie

M. Eugène Bujard. Note additionnelle à la classification des cyclopes et de leurs formes dérivées : les aprosopes.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-39 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XL (1884-1923). Prix . Fr. 64

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . Fr. 6



Imprimerie Albert Kundig, Genève (Suisse).

